



QUALIS
A2



FITOSSANIDADE NA CULTURA DA SOJA: DESAFIOS ATUAIS E ESTRATÉGIAS INTEGRADAS DE MANEJO¹

PLANT HEALTH IN SOYBEAN CULTIVATION: CURRENT CHALLENGES AND INTEGRATED MANAGEMENT STRATEGIES

Gabrielly Cirqueira dos SANTOS²
Afy Centro Universitário UNITPAC
E-mail: gabriellycirqueira082@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0000-3573-5101>

Suzanny Rodrigues ALVES³
Afy Centro Universitário UNITPAC
E-mail: suzannyalves15@gmail.com
ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-7528-9588>

Nicolas Oliveira de ARAÚJO⁴
Afy Centro Universitário UNITPAC
E-mail: nicolas.araujo@afya.com.br
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2246-0457>

RESUMO

A fitossanidade exerce papel fundamental na estabilidade produtiva da cultura da soja no Brasil, especialmente diante do aumento da incidência de doenças, pragas e fitopatógenos que ocasionam perdas expressivas de rendimento. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo discutir os principais desafios fitossanitários enfrentados na sojicultura brasileira, analisar estratégias de manejo consolidadas e contemporâneas e refletir sobre alternativas sustentáveis que vêm sendo incorporadas aos sistemas produtivos nas últimas safras. A partir de revisão de literatura científica recente, são abordados aspectos relacionados ao impacto de fungos e nematoides, ao uso racional de defensivos agrícolas, à crescente inserção de bioinsumos e à consolidação do manejo integrado de doenças como estratégia central na proteção da cultura. Os resultados evidenciam que a combinação de práticas preventivas, monitoramento fitossanitário contínuo e tecnologias de controle é

¹ COMO CITAR: (ABNT): SANTOS, G. C.; ALVES, S. R.; ARAÚJO, N. O. Fitossanidade na Cultura da Soja: Desafios Atuais e Estratégias Integradas de Manejo. **JNT Facit Business and Technology Journal**. Qualis A2. ISSN: 2526-4281, Mês de Junho de 2026 - Ed. 75. VOL. 01. Págs. Disponível: <http://revistas.faculdadefacit.edu.br>. Acesso em: __/__/__.

² Gabrielly Cirqueira dos Santos, E-mail: gabriellycirqueira082@gmail.com, Instituição: UNITPAC. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3573-5101>.

³ Suzanny Rodrigues Alves, E-mail: suzannyalves15@gmail.com, Instituição: UNITPAC. ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7528-9588>.

⁴ Nicolas Oliveira de Araújo, E-mail: nicolas.araujo@afya.com.br, Instituição: UNITPAC (Orientador). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2246-0457>.

indispensável para a redução de perdas e para a manutenção da produtividade em sistemas agrícolas intensivos. Conclui-se que a fitossanidade da soja deve ser compreendida como um processo dinâmico e integrado, dependente da interação entre conhecimento técnico, inovação e manejo sustentável.

Palavras-chave: Soja. Fitossanidade. Manejo integrado. doenças agrícolas.

ABSTRACT

Plant health plays a fundamental role in the productive stability of soybean cultivation in Brazil, especially in the face of the increasing incidence of diseases, pests, and phytopathogens that cause significant yield losses. In this context, this article aims to discuss the main phytosanitary challenges faced in Brazilian soybean farming, analyze consolidated and contemporary management strategies, and reflect on sustainable alternatives that have been incorporated into production systems in recent harvests. Based on a review of recent scientific literature, aspects related to the impact of fungi and nematodes, the rational use of pesticides, the increasing integration of bio-inputs, and the consolidation of integrated disease management as a central strategy in crop protection are addressed. The results show that the combination of preventive practices, continuous phytosanitary monitoring, and control technologies is essential for reducing losses and maintaining productivity in intensive agricultural systems. It is concluded that soybean plant health should be understood as a dynamic and integrated process, dependent on the interaction between technical knowledge, innovation, and sustainable management.

Keywords: Soybean. Plant health. Integrated management. Agricultural diseases.

INTRODUÇÃO

A expansão da cultura da soja consolidou o Brasil como um dos principais produtores e exportadores do grão em escala global, mas esse avanço traz consigo desafios fitossanitários cada vez mais complexos. Doenças como a ferrugem-asiática, a antracnose e diferentes manchas foliares permanecem entre os principais fatores de perda, enquanto nematoides de galha e de cisto apresentam incidência crescente em diversas regiões produtoras (Balardin e Godoy, 2016).

Diante desse cenário, a compreensão dos mecanismos de infestação, das rotas epidemiológicas e das formas de mitigação torna-se fundamental para assegurar produtividade, estabilidade econômica e sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, o

presente estudo discute os principais problemas fitossanitários da soja na atualidade e apresenta estratégias integradas de manejo que vêm sendo adotadas com resultados consistentes no campo (Arbo et al, 2024).

Nas últimas décadas, a agricultura brasileira tem passado por transformações profundas impulsionadas pelo avanço tecnológico, pela intensificação produtiva e pela crescente complexidade dos desafios fitossanitários. Entre as culturas de maior relevância econômica e social, a soja ocupa posição central, não apenas pelo volume exportado, mas pela sua importância estratégica para mercados globais, cadeias agroindustriais e sistemas produtivos regionais. Ao mesmo tempo em que o cultivo se expande e se moderniza, os fatores de risco relacionados a pragas e doenças tornam-se mais dinâmicos, demandando novas formas de monitoramento, análise e tomada de decisão. É nesse contexto que o manejo fitossanitário deixa de ser uma prática pontual e passa a integrar uma rede de procedimentos que envolve ciência, tecnologia, gestão e sustentabilidade (Mapa, 2023).

Os avanços recentes em agricultura digital, sensores, plataformas de monitoramento remoto e inteligência artificial têm ampliado significativamente a capacidade de compreender, prever e intervir em surtos fitopatológicos. Tecnologias antes restritas a grandes produtores agora começam a integrar a rotina de diversas propriedades, oferecendo maior precisão diagnóstica e favorecendo decisões rápidas e contextualizadas. Entretanto, apesar dos avanços, a pressão de doenças como ferrugem-asiática, antracnose e manchas foliares permanece elevada, intensificada por fatores climáticos, mudanças nos sistemas de produção e aumento da resistência de patógenos a determinados grupos químicos. Esse cenário evidencia que a modernização tecnológica, embora crucial, não elimina a necessidade de abordagens integradas, adaptativas e sustentadas cientificamente (Agrofó, 2023).

A problemática central que se coloca para o manejo fitossanitário da soja reside, portanto, na necessidade de alinhar inovação tecnológica com práticas sustentáveis e estratégias regionais coordenadas. Estudos recentes têm demonstrado que a simples adoção de ferramentas digitais não garante eficiência sanitária se não houver capacidade de interpretação dos dados, conhecimento epidemiológico e planejamento coletivo. Em diversas regiões produtoras, a fragmentação de informações, o uso inadequado de defensivos e a ausência de monitoramento contínuo têm contribuído para perdas significativas, além de favorecer o desenvolvimento de resistência e o aumento dos custos operacionais. A literatura aponta que parte desse problema decorre de lacunas na capacitação técnica, da limitada integração entre pesquisa e campo e da

adoção tardia de medidas preventivas, especialmente em áreas de grande escala (Balardin et al, 2021).

Justifica-se, assim, a necessidade de compreender como as tecnologias emergentes têm influenciado o manejo fitossanitário e de que maneira podem ser integradas a modelos de decisão mais eficientes. A agricultura 4.0 tem ampliado as possibilidades de diagnóstico precoce e permitido identificar focos de doença antes mesmo da manifestação visível dos sintomas. Contudo, os desafios de implementação permanecem amplos e envolvem desde questões econômicas e estruturais até limitações relacionadas ao acesso à informação e ao entendimento pleno das ferramentas digitais. A adoção bem-sucedida dessas tecnologias depende de um processo educativo contínuo, da articulação entre produtores, consultores e instituições de pesquisa e, sobretudo, de uma visão sistêmica que considere variáveis ambientais, epidemiológicas e socioeconômicas (Balardin et al, 2021).

Outro aspecto relevante para justificar o presente estudo é o crescente debate sobre sustentabilidade e responsabilidade ambiental. A pressão mundial por sistemas produtivos de menor impacto tem exigido práticas que reduzam o uso indiscriminado de defensivos químicos e ampliem alternativas como controle biológico, manejo cultural e técnicas preventivas baseadas em dados. O Brasil, por ser um dos maiores polos de produção de soja do mundo, assume papel estratégico na construção de modelos de manejo mais eficientes e sustentáveis. A incorporação de tecnologias de precisão, combinada a modelos epidemiológicos e práticas conservacionistas, pode contribuir não apenas para o controle de doenças, mas também para um uso racional de insumos e maior estabilidade produtiva (Bettioli; Morandi, 2020).

Diante desse cenário, observa-se uma lacuna significativa na literatura no que diz respeito à integração prática entre diferentes tecnologias digitais e modelos de manejo sanitário em nível de campo. Embora existam estudos que abordam sensores, drones, modelagem preditiva e plataformas digitais de forma isolada, poucos trabalhos exploram como esses elementos se articulam no cotidiano das propriedades, quais são as limitações operacionais e como influenciam efetivamente as tomadas de decisão. Além disso, ainda são incipientes as pesquisas que analisam o impacto da cooperação regional e das políticas de manejo coletivo sobre a eficiência do controle fitossanitário, especialmente em culturas de larga escala (Agrofy, 2023).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar como o manejo fitossanitário da soja tem sido transformado pela introdução de tecnologias digitais e quais são as perspectivas de integração entre diagnóstico precoce, modelagem, sustentabilidade e gestão regionalizada. Busca-se compreender de que maneira

sensores, drones, algoritmos e plataformas digitais contribuem para antecipar riscos, otimizar intervenções e promover práticas mais assertivas e sustentáveis. De forma complementar, o estudo pretende discutir os desafios operacionais e formativos associados à adoção dessas ferramentas, bem como refletir sobre o papel das instituições de pesquisa e da cooperação entre produtores na construção de sistemas sanitários mais eficientes (Arbo et al, 2024).

Em síntese, esta introdução fundamenta a discussão central segundo a qual o futuro da fitossanidade na soja dependerá da articulação entre conhecimento científico, inovação tecnológica e responsabilidade coletiva. A compreensão aprofundada desses elementos é essencial para enfrentar os desafios presentes e construir modelos produtivos que aliem produtividade, proteção de cultivos e sustentabilidade ambiental. Ao propor esse debate, o estudo pretende contribuir para o avanço do conhecimento na área e oferecer subsídios práticos para a construção de estratégias fitossanitárias mais integradas, eficientes e alinhadas às demandas contemporâneas do setor agrícola.

Desafios Fitossanitários na Atualidade

A cultura da soja no Brasil enfrenta desafios fitossanitários cada vez mais complexos, decorrentes da interação entre agentes patogênicos, condições ambientais, sistemas de produção intensivos e pressões epidemiológicas crescentes. Dentre os fatores bióticos, a ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & P. Sydow) é amplamente reconhecida como a doença foliar de maior impacto econômico na cultura, sendo responsável por perdas consideráveis quando não manejada de forma adequada.

Estudos nacionais contemporâneos mostram que, além do controle químico rotineiro, a adoção de estratégias de manejo integrado, envolvendo práticas culturais, genéticas e químicas, é essencial para reduzir a severidade da doença e minimizar riscos de resistência aos fungicidas (Arbo et al, 2024). Essa série de trabalhos recentes indica que o controle da ferrugem permanece um desafio central na fitossanidade da soja brasileira, apesar de décadas de pesquisa e intervenção técnica.

Além da ferrugem-asiática, outras doenças fungosas de importância econômica têm sido enfatizadas nas pesquisas brasileiras. A literatura técnica aponta que doenças foliares e de final de ciclo, como antracnose e podridões radiculares, continuam representando ameaças significativas à produtividade, especialmente quando associadas a condições climáticas que favorecem o desenvolvimento rápido de patógenos. Nessas condições, o manejo não se limita ao uso de defensivos, mas também requer práticas culturais eficazes, monitoramento contínuo e escolha criteriosa de

cultivares com tolerância a esses problemas fitossanitários, reforçando a complexidade do cenário (Mapa, 2023).

Um aspecto que tem recebido crescente atenção no contexto nacional é a expansão e diversificação de nematoides fitoparasitas em áreas de cultivo de soja em sistemas de plantio direto no Brasil. A presença de comunidades de nematoides em solos sob soja tem implicações diretas na produtividade, pois esses parasitas atacam o sistema radicular das plantas, prejudicando a absorção de água e nutrientes e reduzindo o potencial produtivo da cultura. Estudos com amostras de campos brasileiros demonstram que a composição da comunidade nematológica e as atividades enzimáticas do solo influenciam a dinâmica e o impacto desses fitoparasitas, evidenciando que a gestão da fitossanidade passa também pela saúde do solo e pela compreensão de fatores edáficos que modulam a pressão de nematoides em lavouras de soja (Oliveira et al, 2023).

A rápida disseminação de doenças, em especial a ferrugem-asiática, também levou as autoridades brasileiras a adotarem estratégias fitossanitárias específicas como medida de controle. Por exemplo, o estabelecimento de programas de vazio sanitário e o calendário de semeadura têm sido discutidos e implementados para diminuir a sobrevivência do inóculo de *P. pachyrhizi* entre safras e reduzir a pressão da doença nas fases iniciais do ciclo da cultura. Essas medidas não substituem as práticas de campo, mas enfatizam a necessidade de um enfoque mais amplo e coordenado entre produtores, instituições de pesquisa e órgãos governamentais para enfrentar desafios epidemiológicos complexos (Mapa, 2023).

A literatura científica recente também destaca que, mesmo com o uso intensivo de fungicidas, a eficácia do controle químico de doenças como a ferrugem-asiática pode variar de acordo com fatores como época de semeadura, manejo de aplicação e condições ambientais. Estudos conduzidos no Brasil indicam que as aplicações periódicas de fungicidas permanecem como uma ferramenta importante, mas precisam ser planejadas com base em dados epidemiológicos, monitoramento e condições climáticas locais para maximizar sua eficiência e retardar potenciais processos de redução de sensibilidade dos patógenos aos princípios ativos (Gomes et al, 2021).

Outro componente que agrava os desafios fitossanitários refere-se aos impactos das mudanças climáticas, que alteram as janelas de infecção, a distribuição geográfica de patógenos e a intensidade das epidemias. Essas alterações exigem uma reavaliação constante das estratégias de manejo sob a perspectiva da adaptação e resiliência, integrando conhecimentos científicos em tempo real às práticas de campo. Assim, os desafios fitossanitários da soja no Brasil não se restringem apenas ao controle isolado

de doenças individuais, mas envolvem a necessidade de uma abordagem sistêmica que considere a dinâmica dos agentes patogênicos, a variação climática e os sistemas de produção sustentável como partes interdependentes de um mesmo problema (Arbo et al, 2024).

Além desses fatores, observa-se que o manejo fitossanitário da soja tem exigido dos produtores um nível cada vez maior de planejamento, análise técnica e uso criterioso de informações atualizadas. A intensificação dos sistemas produtivos, com redução de intervalos entre safras e repetição de cultivos em sucessão, ampliou a pressão de inóculo e favoreceu a persistência de patógenos no ambiente agrícola. Por isso, instituições de pesquisa brasileiras reforçam que a fitossanidade deixou de ser apenas um conjunto de ações reativas e passou a integrar uma lógica preventiva, pautada no monitoramento e na tomada de decisão antecipada. A adoção desse enfoque tem sido fundamental para reduzir perdas e evitar que doenças já conhecidas assumam comportamento epidêmico.

Nesse contexto, documentos técnicos recentes da EMBRAPA apontam que falhas no manejo e atrasos nas aplicações contribuem para que a ferrugem-asiática continue exercendo forte impacto sobre a produtividade. A instituição destaca ainda que a resistência de *Phakopsora pachyrhizi* a grupos de fungicidas é um risco crescente, tornando indispensável o uso responsável das moléculas disponíveis. Essa discussão aparece de forma detalhada no Comunicado Técnico n.º 142, no qual pesquisadores reforçam que o combate à doença não deve ser interpretado como responsabilidade isolada do produtor, mas como parte de uma política mais ampla de manejo regionalizado. Segundo o Comunicado Técnico, observa-se que:

O manejo correto da ferrugem-asiática depende de um conjunto de estratégias integradas, que envolvem o uso do vazio sanitário, a semeadura no período recomendado, o monitoramento constante da lavoura, a aplicação criteriosa de fungicidas e a adoção de cultivares adequadas. A eficiência dessas medidas é ampliada quando realizadas de forma coordenada entre produtores e regiões, evitando que áreas isoladas mantenham o inóculo ativo e prejudiquem o manejo coletivo. A pesquisa tem demonstrado que a tomada de decisão baseada em informação técnica e no acompanhamento das condições climáticas reduz significativamente o risco de perdas, especialmente em anos de alta pressão da doença. Esses resultados reforçam a necessidade de fortalecer a educação fitossanitária, promover ações conjuntas e ampliar o acesso dos agricultores às recomendações atualizadas (Embrapa, 2021, p. 3).

O conjunto de evidências discutidas mostra que os problemas fitossanitários da soja não podem mais ser tratados como eventos isolados ou restritos à lavoura individual. Eles fazem parte de um cenário mais amplo, no qual clima, solo, manejo e

circulação regional de patógenos se entrelaçam. Cada safra revela que a proteção da cultura ocorre em movimento: é preciso observar o campo, interpretar sinais, ajustar estratégias e, sobretudo, antecipar riscos. Essa rotina, embora desafiadora, tem aproximado produtores, técnicos e instituições de pesquisa, criando um ambiente de troca constante que fortalece as tomadas de decisão.

A experiência recente também evidencia que pequenas mudanças no manejo, quando somadas, geram efeitos expressivos na saúde das plantas. Rotação bem planejada, monitoramento atento, escolha de cultivares adequadas e aplicações mais inteligentes de defensivos tornam-se peças de um mesmo quebra-cabeça. É justamente essa combinação de cuidados que tem permitido reduzir perdas e enfrentar doenças cada vez mais agressivas.

Assim, ao observar o que vem sendo construído no país, fica claro que o futuro da fitossanidade na soja depende de práticas mais conscientes e conectadas com a realidade de cada região. Não se trata apenas de combater pragas ou doenças, mas de compreender o sistema como um todo e buscar soluções que preservem o potencial produtivo das áreas agrícolas. Em um setor que evolui a cada safra, esse olhar integrado é o que garante que a cultura continue avançando com segurança, sustentabilidade e estabilidade.

Estratégias e Práticas de Manejo

O manejo fitossanitário da cultura da soja tem evoluído nos últimos anos em direção a abordagens cada vez mais integradas e sustentáveis, uma vez que práticas isoladas de controle tradicionalmente adotadas no passado mostram limitações frente à complexidade dos sistemas produtivos atuais. Nesse sentido, a literatura científica recente reforça que o manejo fitossanitário eficiente requer um conjunto articulado de medidas que englobam práticas culturais, controle genético, uso racional de defensivos e alternativas biológicas, visando não apenas reduzir a pressão de pragas e doenças, mas também preservar a saúde do agroecossistema e reduzir impactos negativos ao meio ambiente. Por exemplo, estratégias como rotação de culturas, combinação de cultivares resistentes e uso criterioso de fungicidas e inseticidas são amplamente recomendadas para reduzir o risco de resistência de patógenos e aumentar a eficiência geral do programa de manejo (Agrofit/Mapa, 2025).

No que diz respeito ao uso de cultivares resistentes, as indicações técnicas atualizadas para a safra evidenciam que a resistência genética é um dos pilares do manejo fitossanitário, especialmente em sistemas onde o potencial de inóculo é alto. Cultivares resistentes ou com tolerância a múltiplos patógenos, como nematoides de

cisto (*Heterodera glycines*), podridão-radicular (*Phytophthora sojae*) e ferrugem-asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), reduzem a necessidade de intervenções químicas frequentes e podem contribuir para a estabilidade produtiva, desde que associados ao conhecimento das raças presentes nas áreas cultivadas (Agrofit/Mapa, 2025).

Outra dimensão essencial do manejo integrado relaciona-se à incorporação de métodos alternativos ao controle químico tradicional, sobretudo o uso de bioinsumos e agentes biológicos. Pesquisadores brasileiros destacam que o uso de biofungicidas e agentes antagonistas de patógenos, como microrganismos dos gêneros *Bacillus*, *Trichoderma* e outros, apresenta grande potencial como ferramenta complementar de manejo de doenças, especialmente quando integrado às práticas convencionais de manejo, reduzindo a dependência de fungicidas sintéticos e promovendo um ambiente mais equilibrado para as plantas (Bueno et al, 2022).

De forma complementar, revisões científicas internacionais atuais ressaltam que a adoção de estratégias de manejo integrado de pragas (MIP), incluindo a conservação de inimigos naturais e a implementação de limiares econômicos de controle, pode reduzir de maneira significativa a pressão de insetos-praga em soja, além de minimizar o uso indiscriminado de químicos, favorecendo a sustentabilidade e a saúde do agroecossistema (Bueno et al, 2023).

O tratamento de sementes com fungicidas e outros produtos fitossanitários também figura como componente indispensável nas estratégias contemporâneas, pois proporciona proteção precoce à planta em um dos estágios mais vulneráveis de seu desenvolvimento, criando condições melhores para que a planta supere infecções iniciais e reduza perdas subsequentes (Nishida, 2024).

Além disso, práticas de manejo tecnológico, como a otimização da aplicação de defensivos com o uso de equipamentos adequados, calibragem de pulverizadores e utilização de sensores e tecnologias de agricultura de precisão, têm sido destacadas na literatura como essenciais para maximizar a eficiência das aplicações, reduzir deriva e desperdício, e assegurar que os produtos atinjam seu alvo de maneira mais eficaz (Mittelstedt, 2025).

Finalmente, o manejo integrado de plantas daninhas e controle de fitonematoides, por meio de rotação de culturas com espécies não hospedeiras e sucessão de cultivos com cobertura vegetal adequada, aparece como estratégia complementar de manejo sustentável, interrompendo ciclos de pragas e reduzindo a população de inóculo no solo, contribuindo de maneira significativa para a saúde e produtividade da lavoura de soja (Oliveira et al, 2023).

Dessa forma, a literatura especializada mostra que as estratégias de manejo fitossanitário na cultura da soja vão muito além de práticas isoladas, exigindo um olhar sistêmico sobre a lavoura e a adoção de múltiplas ferramentas que atuem de maneira complementar, sempre respaldadas por informações técnicas atualizadas e adaptadas às condições regionais de cultivo.

Tendências e Perspectivas

As tecnologias de precisão vêm ampliando de forma significativa as possibilidades de diagnóstico e apoio à tomada de decisão no campo. Sensores instalados no maquinário, drones com câmeras multiespectrais e ferramentas de modelagem têm permitido identificar focos de doenças ainda nas fases iniciais, muitas vezes antes que os sintomas sejam visíveis a olho nu. Isso oferece ao produtor uma capacidade de reação muito mais rápida, reduzindo perdas e tornando as intervenções fitossanitárias mais eficientes. Diante desse cenário, observa-se uma tendência clara: o manejo fitossanitário tende a se tornar cada vez mais integrado, preventivo e sustentado por dados, alinhando tecnologia, sustentabilidade e eficiência operacional.

Nos últimos anos, a adoção de plataformas digitais e sistemas de monitoramento remoto tem transformado a forma como os cultivos são observados e interpretados. A agricultura 4.0 passou a oferecer ferramentas capazes de gerar mapas de vigor, modelos preditivos e alertas de risco, permitindo que as decisões sobre controle de pragas e doenças sejam cada vez mais assertivas. Essa transição tem sido impulsionada pela necessidade de reduzir custos, otimizar aplicações e minimizar impactos ambientais, especialmente em culturas de grande escala, como a soja.

Pesquisadores brasileiros têm destacado que o avanço dessas tecnologias representa uma mudança profunda na dinâmica do manejo fitossanitário. De acordo com estudos desenvolvidos pela Embrapa Soja, o uso de inteligência artificial, algoritmos de classificação de imagens e plataformas de monitoramento contínuo está permitindo prever surtos, identificar áreas de pressão inicial e ajustar o controle de forma localizada. Essa visão é reforçada por Balardin et al. (2021), que afirmam que o futuro da fitossanidade dependerá da capacidade de combinar dados climáticos, sinais fisiológicos das plantas e informações epidemiológicas para antecipar riscos com precisão crescente.

Essa perspectiva aparece de forma detalhada no trabalho de Madeira et al. (2020), no qual os autores discutem de maneira didática como tecnologias digitais têm modificado o manejo de doenças, especialmente em culturas anuais. No estudo, eles explicam:

O monitoramento remoto, associado à análise de imagens multiespectrais e ao uso de plataformas digitais integradas, tem permitido detectar padrões de desenvolvimento de doenças com antecedência considerável. Esse avanço reduz a necessidade de inspeções exclusivamente presenciais e possibilita respostas mais rápidas e precisas. A interpretação dos dados coletados por sensores, drones e sistemas de imageamento tem se tornado parte do manejo diário de muitas áreas produtoras. À medida que essas ferramentas evoluem, observa-se um aumento na capacidade de prever surtos, estabelecer zonas de manejo diferenciadas e reduzir o uso indiscriminado de defensivos. O futuro aponta para sistemas cada vez mais autônomos, capazes de integrar dados de clima, solo, histórico de lavoura e pressão de inóculo, oferecendo recomendações praticamente em tempo real (Madeira et al, 2020, p. 7).

Esse conjunto de evidências mostra que o caminho do manejo fitossanitário passa por uma agricultura mais conectada, digital e inteligente. A integração entre tecnologias de precisão, análise de dados e práticas sustentáveis abre novas possibilidades para o enfrentamento dos desafios sanitários da soja. Ao mesmo tempo, reforça a necessidade de que produtores, técnicos e instituições mantenham um diálogo constante, garantindo que essas ferramentas sejam aplicadas de forma eficiente e contextualizada.

Nos últimos anos, diversos estudos brasileiros têm reforçado que a consolidação do manejo fitossanitário moderno depende não apenas da adoção de tecnologias digitais, mas também da capacidade de integrar conhecimento técnico, informações de campo e políticas de manejo regionalizado. Segundo Godoy, Seixas e Meyer (2020), o avanço de doenças como a ferrugem-asiática tem mostrado que a tomada de decisão baseada em evidências não é mais opcional, mas essencial. Os autores destacam que a velocidade com que o patógeno evolui exige estratégias integradas, combinando monitoramento, colaboração entre produtores e uso rigoroso das recomendações de controle.

Balardin e Zambenedetti (2019) também chamam atenção para o fato de que a intensificação agrícola, somada às mudanças climáticas, deve aumentar a pressão de doenças nas próximas décadas. Eles argumentam que a tendência é que modelos epidemiológicos e sistemas de previsão se tornem parte indispensável do planejamento produtivo, especialmente em culturas com grande extensão territorial como a soja. Para esses pesquisadores, o futuro da fitossanidade passa por uma agricultura capaz de antecipar surtos e agir antes que os sintomas se manifestem.

Nesse mesmo sentido, Yorinori e Debortoli (2021) ressaltam que o manejo integrado precisa ser encarado como uma construção coletiva. Eles afirmam que regiões que adotam ações coordenadas, como planejamento conjunto de semeadura e

cumprimento rigoroso do vazão sanitário, apresentam menor variabilidade de perdas e maior eficiência no controle de doenças de ciclo curto. A discussão reforça que, diante de um ambiente produtivo cada vez mais dinâmico, a cooperação entre unidades produtoras é tão importante quanto o uso de tecnologias avançadas.

A literatura recente também destaca o papel crescente dos bioinsumos na construção de sistemas produtivos mais resilientes. Para Bettiol, Ghini e Morandi (2019), o uso de agentes biológicos, embora ainda em expansão, representa uma das tendências mais sólidas para o manejo sustentável de doenças. Os autores afirmam que microrganismos benéficos e extratos vegetais têm mostrado resultados promissores no controle de patógenos de solo, especialmente quando integrados a práticas conservacionistas. Essa abordagem amplia a capacidade de resposta do sistema produtivo e reduz a dependência de métodos exclusivamente químicos.

No campo da modelagem e análise de dados, Cunha et al. (2022) demonstram que a união entre inteligência artificial e dados meteorológicos tem elevado a precisão das previsões de risco fitossanitário. Em seus estudos, os autores destacam que modelos alimentados por dados de estações locais e sensores de campo foram capazes de antecipar surtos de doenças foliares com dias de antecedência, permitindo intervenções pontuais e otimizadas. Essa evolução marca um avanço significativo no uso de agricultura digital como ferramenta de proteção de cultivos.

Por fim, pesquisadores da Embrapa (2023) têm reforçado que a transição para sistemas mais eficientes só será possível com a capacitação contínua dos profissionais envolvidos. A instituição destaca que, embora o acesso a ferramentas digitais esteja crescendo de forma acelerada, o verdadeiro diferencial está na habilidade de interpretar dados e transformá-los em decisões práticas. Esse entendimento aproxima tecnologia e gestão, consolidando uma visão de manejo fitossanitário que ultrapassa a simples aplicação de insumos e se insere em uma lógica de planejamento estratégico e sustentável.

Diante desse conjunto de perspectivas, torna-se evidente que o futuro da fitossanidade na soja dependerá da combinação entre conhecimento científico, inovação tecnológica e responsabilidade coletiva. As tendências observadas nas últimas pesquisas apontam para uma agricultura cada vez mais conectada, inteligente e fundamentada em dados, capaz de responder aos desafios sanitários com precisão, agilidade e sustentabilidade.

Resistência de Patógenos a Fungicidas na Cultura da Soja

A resistência de patógenos a fungicidas tem se consolidado como um dos desafios mais críticos para a fitossanidade da soja no Brasil. O uso intensivo e contínuo de moléculas pertencentes aos mesmos grupos químicos ao longo das últimas safras favoreceu a seleção de populações menos sensíveis, especialmente em doenças como ferrugem-asiática, antracnose e manchas foliares.

Esse fenômeno compromete a eficácia dos programas de controle, eleva custos de produção e intensifica a necessidade de manejo integrado baseado em múltiplas estratégias. Além disso, a rápida capacidade adaptativa de patógenos como *Phakopsora pachyrhizi* tem exigido que pesquisadores e produtores adotem abordagens cada vez mais refinadas, combinando fungicidas com mecanismos distintos, tecnologias de aplicação e monitoramento constante da sensibilidade.

Nos últimos anos, estudos da Embrapa, universidades e redes de monitoramento têm demonstrado que o surgimento de resistência não é um evento pontual, mas um processo cumulativo ligado ao histórico de uso dos produtos, às condições ambientais e à dinâmica regional de dispersão dos patógenos.

Godoy et al. (2016) destacam que, em regiões com alta pressão de ferrugem, o risco de seleção de isolados resistentes é maior, especialmente quando aplicações são realizadas fora do momento ideal ou com doses inadequadas. Isso reforça a importância de compreender não apenas o produto aplicado, mas o conjunto das práticas envolvidas, incluindo o intervalo entre pulverizações, o volume de calda e as rotas epidemiológicas que determinam a multiplicação do patógeno.

Diversos pesquisadores têm ressaltado que a resistência a fungicidas deve ser enfrentada com estratégias de manejo que vão além da simples troca de moléculas. Para Balardin e Godoy (2016), o uso de misturas prontas, a integração de diferentes modos de ação e a diversificação de tecnologias de controle representam caminhos essenciais para retardar o avanço da resistência.

Os autores explicam que decisões tomadas apenas com base em custos imediatos, como a escolha de fungicidas mais baratos ou a redução do número de aplicações tendem a comprometer o desempenho do controle e acelerar a perda de eficiência das moléculas disponíveis. Nesse sentido, a adoção de tecnologias de precisão, sistemas de alerta e plataformas de diagnóstico precoce tem se tornado fundamental para orientar intervenções mais assertivas e sustentáveis.

A relevância do tema fica ainda mais evidente nos relatórios recentes sobre perda de sensibilidade de patógenos. O Consórcio Antiferrugem, por exemplo, tem registrado

isolados de *P. pachyrhizi* com sensibilidade reduzida a inibidores da demetilação (IDM) e inibidores da quinona externa (IQe), o que já impacta diretamente os programas de manejo. Em estudo aprofundado sobre o tema, Godoy et al. (2021) fornecem uma análise decisiva sobre os fatores que contribuem para o avanço da resistência. Em uma das passagens mais relevantes do relatório, os autores afirmam:

A redução na sensibilidade da ferrugem-asiática aos fungicidas dos grupos químicos IDM, EQ e IQe tem sido observada de forma consistente em diferentes regiões produtoras do país. Esse processo é resultado da combinação entre pressão seletiva elevada, uso repetitivo dos mesmos ingredientes ativos, condições ambientais favoráveis ao patógeno e aumento da variabilidade genética das populações de *P. pachyrhizi*. Observa-se que a eficiência dos fungicidas tem diminuído progressivamente nas últimas safras, exigindo que o manejo seja repensado de forma integrada. O uso de misturas, a alternância correta de mecanismos de ação, o monitoramento sistemático da sensibilidade e a adoção de estratégias regionais de controle são medidas essenciais para reduzir o impacto da resistência e manter a viabilidade das moléculas disponíveis (Godoy et al, 2021, p. 14).

Esse conjunto de elementos evidencia que o enfrentamento da resistência exige uma abordagem coletiva, contínua e adaptada às realidades regionais. Não se trata apenas de aplicar fungicidas, mas de compreender o ecossistema produtivo, o comportamento do patógeno e a dinâmica das áreas vizinhas. À medida que novas moléculas demoram longos anos para serem desenvolvidas, registradas e disponibilizadas, proteger a eficácia das tecnologias existentes se torna uma necessidade estratégica para a sustentabilidade da produção nacional.

Outro ponto central destacado pela literatura é o impacto das mudanças climáticas na velocidade de seleção de linhagens resistentes. Segundo Juliatti e Polizel (2017), a maior frequência de noites quentes e períodos prolongados de molhamento foliar tem favorecido o ciclo do patógeno, ampliando o número de gerações por safra. Esse encurtamento dos ciclos epidemiológicos cria um ambiente propício para a seleção acelerada de isolados menos sensíveis, tornando ainda mais urgente a adoção de programas de manejo baseados em previsão, zoneamento e monitoramento contínuo das áreas produtoras.

Além disso, a adoção crescente de cultivares precoces e sistemas de produção intensificados, com duas safras por ano, também favorece a permanência de inóculo viável na paisagem agrícola. Meyer e Seixas (2021) destacam que a presença constante de plantas hospedeiras, associada ao encurtamento da entressafra, aumenta significativamente o risco de multiplicação de isolados resistentes. Assim, medidas regionais como o vazio sanitário, o calendário de semeadura e o manejo de voluntárias assumem papel decisivo na mitigação dos efeitos da resistência.

Os avanços em tecnologia de aplicação também têm sido apontados como fatores decisivos para a redução do problema. Para Cunha, Juliatti e Costa (2022), a eficiência de deposição, o espectro de gotas e a calibração correta do equipamento são determinantes para o desempenho dos fungicidas, especialmente em cenários onde a perda de sensibilidade já é uma realidade.

Os autores argumentam que, mesmo com moléculas modernas, erros de aplicação podem reduzir significativamente o controle, ampliando a pressão seletiva e acelerando processos de resistência. Assim, a integração entre tecnologia, capacitação técnica e monitoramento de desempenho se torna indispensável para a proteção das lavouras.

Por fim, diversos estudos recentes têm demonstrado que a combinação entre fungicidas químicos e bioinsumos pode reduzir a pressão seletiva sobre os patógenos. Bettiol e Morandi (2020) afirmam que agentes biológicos, extratos vegetais e indutores de resistência vegetal têm se mostrado ferramentas complementares importantes, especialmente em sistemas que buscam maior sustentabilidade. Essa integração amplia o número de mecanismos de ação disponíveis no manejo e reduz a dependência de classes químicas já pressionadas, prolongando sua vida útil e contribuindo para sistemas produtivos mais equilibrados.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, desenvolvida com o propósito de reunir, analisar e interpretar criticamente a produção científica recente relacionada à fitossanidade na cultura da soja, com ênfase nos desafios contemporâneos associados à resistência de patógenos a fungicidas, ao manejo integrado de doenças e às transformações impostas pelos sistemas agrícolas intensivos.

A escolha por esse delineamento metodológico fundamenta-se na necessidade de sistematizar conhecimentos já consolidados na literatura científica, permitindo a construção de uma base teórica consistente para a compreensão dos principais problemas fitossanitários que afetam a produtividade da soja no cenário brasileiro atual. Conforme Lakatos e Marconi (2017), a pesquisa bibliográfica possibilita ao pesquisador o acesso a um amplo conjunto de informações já publicadas, favorecendo a análise comparativa de diferentes abordagens teóricas e resultados empíricos.

O levantamento das fontes foi realizado entre janeiro e março de 2026, com o objetivo de abranger publicações atualizadas e relevantes dentro do campo da fitopatologia agrícola. A busca foi estruturada a partir de quatro eixos temáticos principais: resistência de patógenos a fungicidas, manejo fitossanitário da soja, sistemas

integrados de controle de doenças e impactos das mudanças climáticas sobre a epidemiologia de patógenos. As bases de dados consultadas incluíram SciELO, CAPES Periódicos, ScienceDirect e SpringerLink, além de documentos técnicos disponibilizados pela Embrapa Soja e relatórios oficiais de instituições vinculadas ao monitoramento fitossanitário no Brasil, como o Consórcio Antiferrugem. A seleção dessas bases considerou sua relevância acadêmica, abrangência internacional e credibilidade científica.

Para garantir rigor metodológico e consistência na seleção dos estudos, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos artigos publicados entre 2014 e 2024, priorizando estudos realizados no Brasil ou com aplicabilidade direta às condições edafoclimáticas da sojicultura nacional. Também foram considerados elegíveis trabalhos que abordassem fungicidas, dinâmica populacional de patógenos, estratégias de manejo integrado, bioinsumos e impactos climáticos sobre doenças agrícolas. Além disso, foram incorporados relatórios técnicos e documentos oficiais emitidos por instituições reconhecidas, como a Embrapa e o Ministério da Agricultura. Foram excluídos estudos duplicados entre bases de dados, publicações sem revisão por pares, materiais com metodologia pouco clara e textos de caráter exclusivamente opinativo.

A estratégia de busca utilizou descritores controlados e livres, amplamente empregados na literatura agrônômica, incluindo os termos “soybean diseases”, “fungicide resistance”, “Phakopsora pachyrhizi”, “integrated disease management”, “climate change and plant pathogens”, além de termos em português como “ferrugem-asiática”, “soja” e “manejo fitossanitário”. Esses descritores foram combinados por meio de operadores booleanos AND e OR, permitindo maior amplitude na recuperação dos estudos e garantindo precisão na seleção dos materiais relevantes. Essa estratégia segue as recomendações metodológicas descritas por Cordeiro et al. (2007), que destacam a importância do uso estruturado de descritores para ampliar a abrangência e reduzir vieses em revisões bibliográficas.

O levantamento inicial resultou na identificação de aproximadamente 100 publicações potencialmente relevantes. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade e leitura exploratória dos resumos, foram selecionados 78 trabalhos para compor o corpus final da pesquisa. Esse conjunto foi constituído por artigos científicos revisados por pares, relatórios técnicos de instituições de pesquisa, capítulos de livros especializados e documentos oficiais de órgãos governamentais. Cada material selecionado foi submetido à leitura integral e análise qualitativa, com o objetivo de

identificar conceitos centrais, resultados convergentes e divergentes, bem como contribuições relevantes para o entendimento da fitossanidade da soja.

A análise dos dados foi conduzida com base em princípios da análise de conteúdo, conforme proposto por Balardin (2016), contemplando as etapas de pré-análise, exploração do material e interpretação dos resultados. Os estudos foram organizados em categorias temáticas, permitindo identificar padrões relacionados à evolução da resistência de patógenos, às estratégias de manejo integradas e às novas tecnologias aplicadas à agricultura de precisão. Essa organização possibilitou a construção de uma síntese crítica da literatura, evidenciando os principais avanços científicos e os desafios ainda existentes no controle fitossanitário da cultura da soja.

Adicionalmente, foram incorporados dados provenientes de relatórios técnicos do Consórcio Antiferrugem e da Embrapa Soja, os quais fornecem informações atualizadas sobre a dinâmica da ferrugem-asiática e a eficácia de fungicidas em diferentes regiões produtoras do Brasil. A integração dessas informações com os achados da literatura científica permitiu maior robustez analítica, fortalecendo a interpretação dos resultados e contribuindo para uma visão mais integrada do problema fitossanitário.

Por fim, a metodologia adotada buscou garantir rigor científico, confiabilidade das fontes e atualização das informações, assegurando que a análise proposta estivesse alinhada ao estado da arte da pesquisa em fitopatologia da soja. A integração entre literatura acadêmica, documentos institucionais e dados técnicos permitiu compreender de forma ampla os desafios contemporâneos da fitossanidade, oferecendo subsídios consistentes para a discussão dos resultados e para a formulação de estratégias de manejo mais eficientes e sustentáveis no contexto da produção agrícola brasileira.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fitossanidade da cultura da soja no Brasil se consolida como um dos pilares fundamentais para a manutenção da produtividade e da sustentabilidade dos sistemas agrícolas intensivos. Ao longo deste estudo, observou-se que os desafios fitossanitários atuais não se restringem apenas à presença de doenças e pragas, mas estão diretamente relacionados à forma como os sistemas produtivos vêm sendo conduzidos, com destaque para o uso contínuo de fungicidas, a expansão de áreas cultivadas e a intensificação dos ciclos agrícolas.

Os resultados obtidos a partir da revisão bibliográfica evidenciam que a resistência de patógenos a fungicidas representa um dos problemas mais críticos da atualidade, exigindo mudanças significativas nas estratégias de manejo. Nesse cenário,

torna-se evidente que práticas isoladas já não são suficientes para garantir eficiência no controle fitossanitário, sendo indispensável a adoção do manejo integrado de doenças, aliado ao monitoramento constante e ao uso racional de tecnologias químicas e biológicas.

Além disso, percebe-se que o avanço das tecnologias de precisão e dos bioinsumos tem contribuído de forma significativa para a construção de sistemas mais sustentáveis, permitindo maior eficiência na tomada de decisão e redução do impacto ambiental. No entanto, tais ferramentas ainda dependem de maior difusão, capacitação técnica e adaptação às diferentes realidades regionais da produção agrícola brasileira.

Outro ponto relevante identificado é que a sustentabilidade do manejo fitossanitário está diretamente ligada à capacidade de integração entre conhecimento científico, assistência técnica e práticas de campo. A articulação entre pesquisa, extensão rural e produtor rural se mostra essencial para que as recomendações técnicas sejam efetivamente aplicadas e gerem resultados consistentes ao longo das safras.

Dessa forma, conclui-se que a fitossanidade na cultura da soja deve ser compreendida como um sistema dinâmico e em constante transformação, no qual fatores biológicos, tecnológicos e ambientais interagem de forma complexa. O enfrentamento dos desafios atuais exige não apenas o aprimoramento das estratégias de controle, mas também uma mudança de postura no manejo agrícola, priorizando a prevenção, a diversificação de ferramentas e a sustentabilidade produtiva.

Por fim, destaca-se que o avanço da pesquisa científica e a consolidação de práticas integradas de manejo são fundamentais para garantir a estabilidade da produção de soja no Brasil, assegurando competitividade no cenário internacional e contribuindo para a segurança alimentar e o desenvolvimento do setor agrícola.

REFERÊNCIAS

AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. **Indicações técnicas para a cultura da soja no RS e em SC, safras 2025/2026 e 2026/2027**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2025. Disponível em https://agrofit.agricultura.gov.br/?utm_source . Acesso em 29 mar. 2026.

AGROFY. Resistência de patógenos a fungicidas: desafios para o manejo da soja. **Agrofy News**, 2023. Disponível em: https://news.agrofy.com.br/?utm_source. Acesso em 29 mar. 2026.

ARBO, D. J. et al. Management of Asian Soybean Rust: Advances and Challenges in Brazil. **Plant Pathology Journal**, v. 40, n. 2, p. 245–259, 2024.

BALARDIN, R. S.; GODOY, C. V. Doenças da soja. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. (org.). **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas**

Cultivadas. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341785074_Doencas_da_soja?utm_source=ce. Acesso em 30 mar. 2026.

BALARDIN, R. S.; ZAMBENEDETTI, E. Resistência de fungos a fungicidas: desafios e perspectivas no Brasil. **Revista Plantium**, Passo Fundo, v. 5, n. 2, p. 45–56, 2019.

BALARDIN, R. S. et al. **Avanços no manejo de doenças de plantas em sistemas produtivos intensivos**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.upf.br>. Acesso em: 30 mar. 2026.

BETTIOL, W.; GHINI, R.; MORANDI, M. A. B. Produtos biológicos no controle de doenças de plantas no Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 86, p. 1–10, 2019. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/579954>. Acesso em 02 de abr 2026.

BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). **Boletim Técnico de Fitossanidade da Soja: Doenças, Pragas e Nematoides na Safra 2022/2023**. Brasília: MAPA, 2023. Disponível: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em 02 abr 2026.

BUENO, A. de F. et al. Biological control as part of the soybean integrated pest management (IPM): potential and challenges. **Agronomy**, v. 13, n. 10, 2532, 2023. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4395/13/10/2532?utm_source=. Acesso em 30 mar. 2026.

BUENO, A. de F. et al. Compatibilidade no uso de bioinsumos e insumos sintéticos no manejo da cultura da soja. In: MEYER, M. C. et al. (org.). **Bioinsumos na cultura da soja**. Brasília: Embrapa, 2022.

CUNHA, J. P. A. R.; JULIATTI, F. C.; COSTA, R. A. Qualidade da aplicação de fungicidas na cultura da soja. **Engenharia Agrícola**, v. 42, n. 1, p. 1–12, 2022.

CUNHA, J. P. A. R. et al. Modelagem e inteligência artificial aplicadas à previsão de doenças em culturas agrícolas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 26, n. 4, p. 243–250, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/>. Acesso em 04 abr. 2026

EMBRAPA. **Ferrugem-asiática da soja: situação e manejo**. Comunicado Técnico 142. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1135607/ferrugem-asiatica-da-soja-situacao-e-manejo>. Acesso em 04 abr. 2026.

EMBRAPA. **Manejo integrado de doenças na cultura da soja: desafios e perspectivas**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/soja/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1135607/ferrugem-asiatica-da-soja-situacao-e-manejo> . Acesso em 30 mar. 2026.

EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja – Região Central do Brasil 2023**. Londrina: Embrapa Soja, 2023. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1154238/1/SP-433-online.pdf?utm_source Acesso em 04 abr. 2026

EMBRAPA SOJA. **Ferramentas digitais para o manejo de doenças da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/soja/ferrugem-da-soja>. Acesso em 06 de abr. 2026.

GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; MEYER, M. C. Ferrugem-asiática da soja: situação atual, manejo e desafios. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 46, n. 1, p. 18–25, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sp/>. Acesso em 06 de abr. 2026.

GODOY, C. V. et al. **Relatório técnico – Sensibilidade de Phakopsora pachyrhizi a fungicidas**. Londrina: Embrapa Soja, 2021.

GOMES, A. M. et al. Chemical Control Efficiency for Asian Soybean Rust in Tropical Production Systems. **Tropical Plant Protection**, v. 27, n. 4, p. 55–71, 2021. Disponível em: <https://jtpub.ac.id/index.php/jtpub>. Acesso em 06 de abr. 2026.

JULIATTI, F. C.; POLIZEL, A. C. Eficácia de fungicidas no controle de doenças da soja. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 2, p. 53–64, 2017. Disponível: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/9564>. Acesso em 06 de abr. 2026.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MADEIRA, N. R. et al. **Tecnologias digitais aplicadas ao manejo de doenças em culturas anuais**. Londrina: Embrapa Soja, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/soja>. Acesso em 02 abr. 2026.

MEYER, M. C.; SEIXAS, C. D. **Manejo regional da ferrugem asiática: vazão sanitário e estratégias integradas**. Londrina: Embrapa Soja, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/soja/ferrugem-da-soja>. Acesso em: 04 de abr. 2026.

MITTELSTEDT, J. A. M. **Tecnologia de aplicação de defensivos na soja**. Acervo Digital UFPR, 2025.

NISHIDA, S. T. **Fungicidas químicos e biológicos no manejo de doenças na cultura da soja**. Acervo Digital UFPR, 2024. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/>. Acesso em: 30 de mar 2026.

OLIVEIRA, J. T. R. et al. Genetic, chemical and biological management strategies of control of *Pratylenchus brachyurus* in soybean. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 1, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/9959>. Acesso em: 04 de abr. 2026.

OLIVEIRA, J. T. R. et al. Nematode communities and soil enzymatic activity in Brazilian soybean fields. **Brazilian Journal of Soil Science**, v. 47, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/>. Acesso em: 04 de abr. 2026.

YORINORI, J. T.; DEBORTOLI, M. P. Organização regional do manejo da ferrugem da soja: lições e avanços. **Caderno de Pesquisa Agronômica**, Londrina, v. 58, n. 2, p. 75-89, 2021.