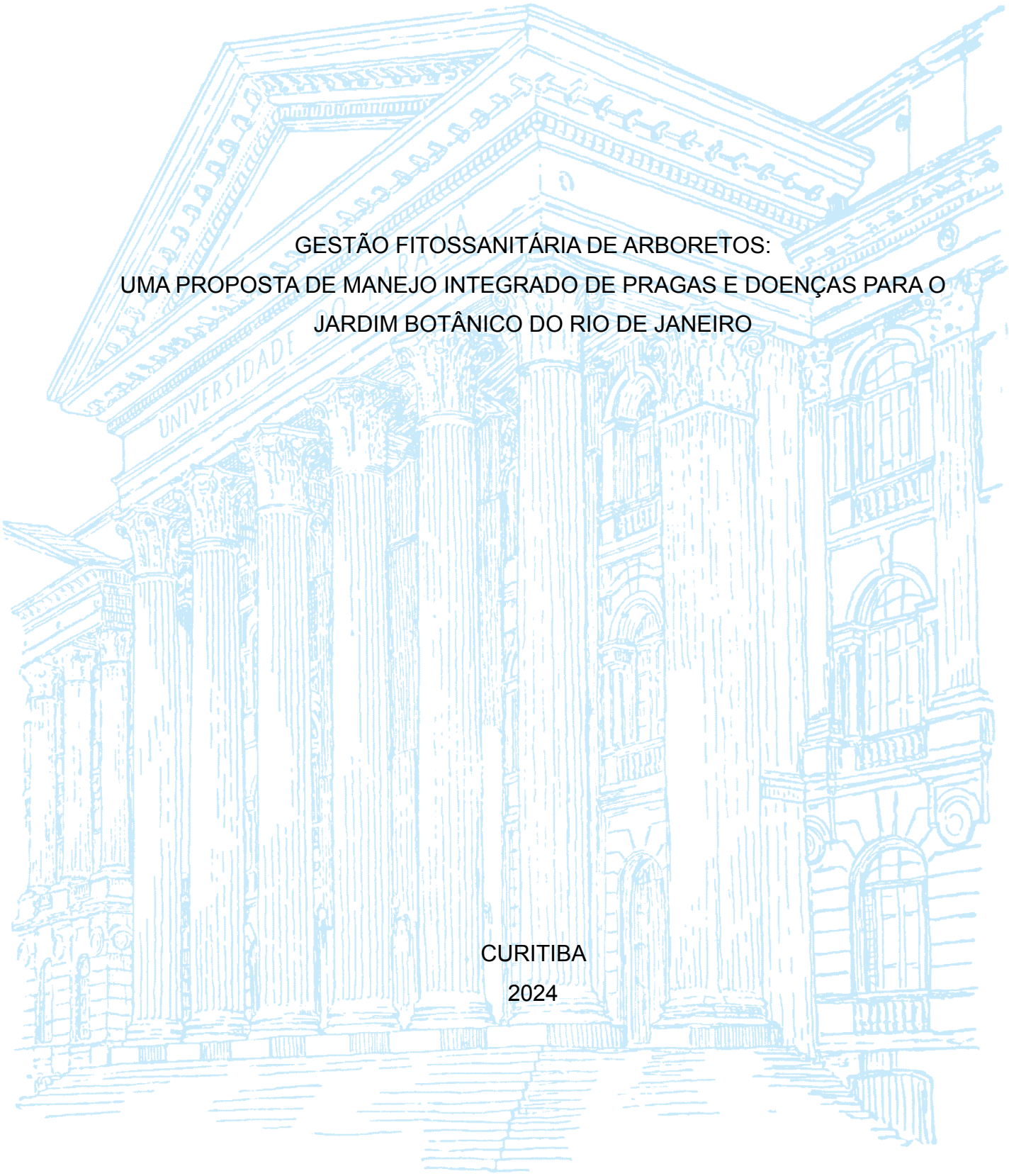
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RICARDO CORREIA MIGUEZ



GESTÃO FITOSSANITÁRIA DE ARBORETOS: UMA PROPOSTA DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E DOENÇAS PARA O JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO

CURITIBA

2024

RICARDO CORREIA MIGUEZ

GESTÃO FITOSSANITÁRIA DE ARBORETOS: UMA PROPOSTA DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E DOENÇAS PARA O JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Fitossanidade, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Fitossanidade.

Orientador: Prof. Dr. Henrique da Silva Silveira Duarte

CURITIBA

2024

RESUMO

O presente trabalho discute a implementação e os benefícios do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD) no Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ). O estudo foi realizado ao longo de um ano e meio, com o acompanhamento das atividades do Setor de Fitossanidade do JBRJ. O MIPD integra métodos culturais, biológicos e químicos para manejar pragas e doenças de forma segura para as plantas, insetos benéficos, animais do ecossistema e seres humanos. A metodologia do MIPD no JBRJ compreende várias etapas, começando pelo monitoramento semanal das plantas, onde técnicos inspecionam folhas e troncos em busca de sinais de doenças bióticas e pragas como cupins e besouros. Qualquer material coletado é encaminhado para identificação laboratorial, permitindo decisões de manejo informadas. O conceito de "Nível de Dano Tolerável" (NDT) foi adaptado para o contexto do arboreto, considerando a importância científica, histórica e cultural das plantas, além da necessidade de manter o equilíbrio ecológico. Práticas de prevenção, como a instalação de áreas de quarentena para novas plantas e o manejo hídrico e da insolação, são essenciais para reduzir a introdução e disseminação de pragas e doenças. Quando intervenções fitossanitárias são necessárias, o MIPD prioriza métodos menos disruptivos, como o controle biológico e mecânico, além do uso seletivo de pesticidas. A avaliação contínua dos resultados permite ajustes no plano de manejo, garantindo sua eficácia e adaptabilidade a mudanças ambientais ou no comportamento das pragas e doenças. Os jardins botânicos, como o JBRJ, desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade, educação ambiental e promoção de práticas agrícolas sustentáveis. A aplicação bem-sucedida do MIPD no JBRJ serve como modelo para outros jardins botânicos e arboretos, demonstrando a viabilidade de uma gestão fitossanitária sustentável e incentivando uma relação mais harmoniosa com a natureza.

Palavras-chave: Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD); Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ); Fitossanidade; Conservação da Biodiversidade; Arboreto.

ABSTRACT

This paper discusses the implementation and benefits of Integrated Pest and Disease Management (IPDM) at the Rio de Janeiro Botanical Garden (JBRJ). The study was conducted over a year and a half, monitoring the activities of the Phytosanitary Department of JBRJ. IPDM integrates cultural, biological, and chemical methods to manage pests and diseases safely for plants, beneficial insects, ecosystem animals, and humans. The methodology of IPDM at JBRJ involves several stages, beginning with the weekly monitoring of plants, where technicians inspect leaves and trunks for signs of biotic diseases and pests such as termites and beetles. Any collected material is sent for laboratory identification, allowing informed management decisions. The concept of the "Tolerable Damage Level" (TDL) was adapted for the arboretum context, considering the scientific, historical, and cultural importance of the plants, as well as the need to maintain ecological balance. Preventive practices, such as establishing quarantine areas for new plants and managing water and sunlight, are essential to reduce the introduction and spread of pests and diseases. When phytosanitary interventions are necessary, IPDM prioritizes less disruptive methods, such as biological and mechanical control, as well as the selective use of pesticides. Continuous evaluation of results allows for adjustments to the management plan, ensuring its effectiveness and adaptability to environmental changes of disease and pest behavior. Botanical gardens like JBRJ play a crucial role in biodiversity conservation, environmental education, and the promotion of sustainable agricultural practices. The successful application of IPDM at JBRJ serves as a model for other botanical gardens and arboreta, demonstrating the feasibility of sustainable phytosanitary management and encouraging a more harmonious relationship with nature.

Keywords: Integrated Pest and Disease Management (IPDM); Botanical Garden of Rio de Janeiro (JBRJ); Phytosanitary Management; Biodiversity Conservation; Arboretum.

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

JBRJ	- Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro
MID	- Manejo Integrado de Doenças
MIP	- Manejo Integrado de Pragas
MIPD	- Manejo Integrado de Pragas e Doenças
NC	- Nível de Controle
NDE	- Nível de Dano Econômico
NDT	- Nível de Dano Tolerável

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....7
1.1.O ARBORETO DO JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO 7
1.2.JUSTIFICATIVA.....9
1.3.OBJETIVOS.....9
1.4.METODOLOGIA.....10
2.REVISÃO DE LITERATURA 10
3.DISCUSSÃO.....15
3.1. NATUREZA DO PROBLEMA FITOSSANITÁRIO: BIÓTICO OU ABIÓTICO.....15
3.2. MANEJO DE PRAGAS: INSETOS E ÁCAROS.....15
3.2. MANEJO DE DOENÇAS: FUNGOS, OOMICETOS, BACTÉRIAS, VÍRUS E NEMATOIDES.....19
3.2.1. Manejo Integrado e a Classificação de Doenças de McNew.....20
4.CONSIDERAÇÕES FINAIS.....33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 34
ANEXO 1 40

1.INTRODUÇÃO

1.1. O ARBORETO DO JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO

O atual Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) foi fundado em 13 de junho de 1808 pelo então Infante D. João, futuro rei de Portugal, Brasil e Algarves. A fundação ocorreu em um período de grandes transformações para o Brasil, marcado pela chegada da família real portuguesa ao Rio de Janeiro, em fuga da invasão de Portugal por Napoleão Bonaparte. (SCHWARTZ, 1988).

A decisão de estabelecer um Jardim Botânico foi parte de uma estratégia de modernização da capital do império. Segundo Schwartz (1988), a motivação inicial foi a necessidade de aclimatar espécies de plantas trazidas de outras partes do mundo, com especial atenção às especiarias das Índias Ocidentais, que tinham grande valor econômico na época. Este objetivo estava alinhado com as práticas europeias, que viam nos jardins de aclimatação uma ferramenta para aprimorar o manejo de produtos agrícolas com grande valor comercial, o que, em última análise, contribuiu para o desenvolvimento econômico e científico dos países envolvidos (ALMEIDA, 1990).

O Jardim foi estabelecido no bairro que atualmente leva o seu nome, em uma área que, pela disponibilidade de recursos hídricos e microclima favorável, era ideal para a experimentação botânica e agronômica, essenciais ao cumprimento de sua missão científica (CARVALHO, 2005; FREIRE, 2002).

Com o crescente desenvolvimento da nova capital do império português, em 1822, o Jardim Botânico foi aberto ao público, nos moldes dos jardins botânicos europeus. No mesmo período, expedições pelo Brasil coletavam exemplares de diferentes biomas para o arboreto, contribuindo para que ele se tornasse o maior centro de referência em botânica tropical da época e atraísse visitantes e pesquisadores estrangeiros para conhecer a flora brasileira (BEDIAGA *et al.*, 2008; GASPAR *et al.*, 2008; NEPOMUCENO, 2007; OLIVEIRA, 2008).

Nas décadas finais do século XIX, o Jardim Botânico foi sede para a Escola Nacional de Agricultura, cujo objetivo era modernizar a produção rural brasileira e aumentar o rendimento das culturas com base nos estudos europeus sobre fertilidade dos solos e nutrição vegetal. Paralelamente, a instituição apresentava aos

produtores novas ferramentas de cultivo e opções de maquinário que permitiriam a superação do modelo agrícola escravocrata ainda vigente na época. A escola agrícola fomentou o estabelecimento de uma agricultura nacional mais científica e profissional, com a consolidação do estudo da Agronomia, da Silvicultura e demais disciplinas afetas, como a Pedologia, a Irrigação, a Meteorologia Agrícola, a Fitopatologia e a Entomologia (BEDIAGA, 2010).

Com o advento da República, o Jardim Botânico foi inicialmente subordinado ao Ministério da Agricultura, onde assumiu a função mais destacada de fomentar a identidade agrícola nacional por meio de pesquisas que viabilizassem a produção de alimentos em diferentes biomas do país. Oficialmente, até o final da primeira metade do século XX, o Jardim Botânico ainda mantinha, dentre suas funções, o desenvolvimento de pesquisas no âmbito agrícola. Entretanto, a instituição já havia se tornado uma referência nas pesquisas em Botânica, Silvicultura e Entomologia (BEDIAGA *et al*., 2008; NEPOMUCENO, 2007).

As diferentes atividades assumidas pelo Jardim Botânico em sua história justificam a atual composição heterogênea do arboreto, com espécimes nativos e exóticos implantados por toda a sua extensão. A literatura sobre a formação do arboreto, em particular até a primeira metade do século XX, não sugere que havia um planejamento de longo prazo quando da escolha dos canteiros para os plantios. A dinâmica da ocupação do espaço é mais bem documentada a partir do final do século passado, quando os canteiros começaram a ser separados por famílias botânicas ou biomas, por exemplo.

Em muitas áreas do arboreto, o adensamento no plantio de árvores de grande porte, e o consequente fechamento dos dosséis, impede que a luz solar direta alcance as copas mais baixas. O ambiente quente, úmido e sombreado é propício para o desenvolvimento de bactérias e fungos fitopatogênicos que, juntamente com a competição desigual pelos recursos do solo, enfraquecem as árvores de menor porte.

Problemas no manejo debilitam, ainda mais, as árvores menores, como as injúrias de roçadeira nos coletos. Os ferimentos beneficiam o ingresso de microorganismos e insetos, levando à biodeterioração dos troncos. Os espécimes enfraquecidos apodrecem em segmentos, o que atrai insetos-praga oportunistas que eventualmente afetarão as demais árvores ao redor. O uso indiscriminado de

sopradores, para reunir folhas secas no chão, também agrava a situação fitossanitária, pois projeta inóculos de patógenos até a altura da copa das árvores e sobre toda a vegetação de cobertura nos canteiros.

Sem um manejo fitossanitário oportuno e eficaz, a tendência natural no JBRJ é o insucesso no estabelecimento das árvores de crescimento lento e das mudas de substituição, o que deixará lacunas significativas nos canteiros com a morte das árvores centenárias. Como o acervo de espécimes do JBRJ é um patrimônio brasileiro, é fundamental o estabelecimento de estratégias para a sua preservação.

1.2. JUSTIFICATIVA

A literatura técnica em Agronomia e nas ciências correlatas é escassa sobre o manejo fitossanitário em jardins botânicos, possivelmente pela ampla variedade de composições botânicas e funções desempenhadas por estes espaços. Entretanto, os autores que abordam o tema recomendam a adoção de estratégias de manejo integrado de pragas e doenças por favorecerem o monitoramento, a prevenção e os métodos de controle menos disruptivos ao ecossistema que se forma no interior da coleção viva (BIDDLE *et al.*, 2007; IVES, 2020; MIGUEZ *et al*., 2024; SHU, 2001).

Além de serem locais de preservação e pesquisa, os jardins botânicos são, por excelência, espaços de lazer e de educação ambiental. Essas características se sobressaem quando pensamos em estratégias fitossanitárias, pois devemos adotar uma ótica diferente daquela empregada no manejo de áreas agrícolas, em que o valor da população vegetal, em termos de custo e lucro, orienta o trabalho do engenheiro agrônomo.

1.3. OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é apresentar e discutir as estratégias de Manejo Integrado de Pragas (MIP) e Manejo Integrado de Doenças (MID) empregadas na gestão fitossanitária do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. No JBRJ, reunimos as duas estratégias de manejo sob o nome de Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD), reconhecendo que há uma interrelação mais próxima

entre doenças e pragas naquele contexto (MIGUEZ *et al.*, 2024). Uma árvore enfraquecida por uma doença, ou por um inseto-praga, fica mais suscetível ao ataque de outros patógenos. Por isso, pensar o MIPD como uma abordagem única, mas com múltiplas estratégias, nos permite integrar métodos culturais, biológicos e químicos para gerenciar pragas e doenças de maneira segura para as plantas, para os insetos benéficos e para os animais naquele ecossistema. A abordagem também garante a segurança dos visitantes e dos funcionários do local, reduzindo ao mínimo a aplicação de agrotóxicos, como discutiremos na sequência.

A rotina fitossanitária do JBRJ reúne boas práticas que podem ser replicadas em outros jardins botânicos e arboretos públicos e privados. A disseminação de estratégias de manejo sustentável em coleções-vivas é crucial para a capacitação de profissionais atuantes na área em prol da conservação da biodiversidade destes espaços. Os jardins botânicos, como é o caso do JBRJ, estão geralmente inseridos em zonas urbanas, nas quais a presença de espaços de convívio com a natureza se torna cada vez mais valorizada e essencial.

1.4. METODOLOGIA

Este estudo foi conduzido pelo autor durante um ano e meio de acompanhamento das atividades realizadas pelo Setor de Fitossanidade do JBRJ. Com o apoio indispensável da equipe do setor, avaliamos os resultados de algumas estratégias de MIPD, que já eram utilizadas pelos técnicos. Juntos, buscamos implementar e testar outros procedimentos, sob a ótica do manejo integrado, que resolvessem escapes identificados e aprimorassem a gestão fitossanitária do arboreto.

2.REVISÃO DE LITERATURA

O **monitoramento** é a primeira etapa do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD). Ele nos mantém informados sobre as intervenções que se fazem necessárias e suas especificidades em relação a cada tipo de praga ou doença (FLINT *et al*., 1981). Técnicos do Laboratório de Fitossanidade usam um mapa numerado dos canteiros para realizar inspeções semanais de cada uma das árvores,

arbustos, lianas e plantas de cobertura implantadas neles. Eles examinam, minuciosamente, folhas e troncos em busca de sintomas e sinais de doenças bióticas, cupins, besouros e formigas cortadeiras.

Amostras de insetos e de possíveis doenças são coletadas para a segunda etapa: a **identificação** no laboratório do setor. A correta identificação permite a tomada de decisões precisas de manejo, previne danos a insetos benéficos e evita gastos desnecessários com o tratamento de manchas foliares fúngicas, como as de final de ciclo, por exemplo, que não representam uma preocupação fitossanitária. Insetos, ácaros e nematoides, assim como alguns fungos e Oomicetos, são avaliados diretamente em lupa de bancada ou ao microscópio. Alguns dos fungos coletados dependem do cultivo em placas de Petri para posterior identificação morfológica. Os casos suspeitos de infecções por vírus ou bactérias, que exigem a identificação molecular, são enviados para laboratórios privados.

Do ponto de vista econômico, mostrou-se inviável identificar em laboratório todas as doenças que acometem os milhares de exemplares da coleção. Por outro lado, sem a identificação dos patógenos (em particular no caso de fungos, bactérias e vírus) é difícil antecipar a progressão dos sintomas por analogia aos danos causados pelos mesmos em culturas já conhecidas e de porte similar.

Uma forma de prescindir à análise laboratorial, em alguns casos, é uma aproximação da identidade do patógeno responsável pelo dano através da classificação de doenças proposta por McNew (1960). Ela nos permite entender o suficiente sobre a origem e a evolução da doença para orientar os métodos de supressão ou controle. A exceção é quando a doença acomete as árvores de interesse especial no JBRJ. Nelas, a identificação laboratorial precisa é desejável, pois pode não haver tempo hábil para um segundo tratamento antes que o dano ao espécime seja irreversível.

A terceira etapa é o estabelecimento do que nomeamos **Nível de Dano Tolerável** (NDT), um desafio para os responsáveis pelo manejo fitossanitário de um jardim botânico. O NDT engloba tanto parâmetros do Nível de Dano Econômico (NDE) quanto do Nível de Controle (NC), conceitos já amplamente difundidos na agricultura. A identificação do NDE/NC em culturas comerciais é fundamental para a tomada de decisões sobre quando e como intervir para o controle de pragas para que a ação seja oportuna, econômica e ecologicamente justificável (RILEY, 2008).

O Nível de Dano Econômico, como explicado por Pedigo *et al.* (1986), é definido como a densidade populacional da praga na qual o custo do dano causado por ela se iguala ao custo do controle. Em outras palavras, é o ponto no qual o custo de não controlar a praga se torna mais caro do que o custo de implementar medidas de controle. O Nível de Controle (NC), por sua vez, é a densidade populacional da praga que enseja o início de medidas de controle de forma que o NDE não seja alcançado. O NC deve ser sempre estabelecido abaixo do NDE para fornecer uma "margem de segurança", permitindo tempo para a implementação de estratégias de controle antes que a população da praga cause dano econômico significativo. Por sua vez, em um arboreto, onde os exemplares não são avaliados em termos de valor econômico, precisávamos de um conceito balizador que determinasse o momento certo e a extensão certa de uma intervenção.

O NDT considera primeiro a importância do espécime para a coleção: se é um exemplar raro, se é fundamental para pesquisas científicas ou para políticas de educação ambiental do arboreto. Também devem ser avaliados os aspectos histórico-culturais do exemplar: por exemplo, se é uma árvore centenária, se ela está associada à imagem do arboreto (como as palmeiras-imperais do JBRJ) ou mesmo se é uma espécie bastante procurada por visitantes (como os exemplares de pau-brasil ou as sumaúmas no arboreto carioca).

Uma vez qualificada a importância da espécie para o Jardim Botânico é preciso ter em mente que a presença de populações de fitopatógenos e de insetos-praga precisa ser (parcialmente) tolerada para o próprio equilíbrio ecológico do arboreto. Embora não desejemos que processos naturais de sucessão ecológica afetam a longevidade dos espécimes da coleção, é inviável falar em fitossanidade em arboretos sem também considerar um planejamento criterioso para a substituição gradual dos espécimes mais antigos, e mais propensos à doenças, por exemplares mais novos.

O Anexo I apresenta uma tabela desenvolvida pelo autor para ilustrar as relações entre o Nível de Dano Tolerável, a importância dos espécimes na coleção, a etiologia do problema fitossanitário e os respectivos tratamentos.

A quarta etapa do MIPD é a **prevenção:** Algumas práticas culturais podem ser adotadas em arboretos para reduzir o estabelecimento de determinadas pragas ou a disseminação de algumas doenças. Especialmente em relação à espécimes de

menor importância, como aqueles que possuem apenas função paisagística, e podem ser substituídos sem prejuízos para o contexto da coleção. O uso de variedades de árvores resistentes à patógenos não é uma opção frequentemente disponível pela falta de pesquisas em relação a espécimes sem valor comercial. Além disso, mesmo que se tenha uma árvore resistente é difícil a troca por ser uma planta perene. O uso da resistência genética é mais usual em culturas anuais.

Um exemplo de tentativa de prevenção foi a substituição de algumas mangueiras centenárias no arboreto mortas pela seca-da-mangueira causada pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae*. Foram implantadas mudas com porta-enxertos resistentes desenvolvidos pela Embrapa. A variedade, contudo, não é resistente à seca-dos-ponteiros, causada pelo fungo *Ceratocystis fimbriata* e que afeta outros exemplares de mangueiras da coleção.

Neste contexto de prevenção, é fundamental o estabelecimento de uma área de quarentena para o recebimento de novos exemplares, seja para posterior implantação ou como doação/ depósito de órgãos federais que apreendem plantas nos aeroportos da cidade. Áreas isoladas e teladas devem receber esses vegetais durante um período de observação inicial do seu desenvolvimento: pelo menos até que novas brotações surjam e se estabeleçam, e assim seja minimamente possível descartar a presença de algumas doenças. Neste espaço, deve ser conduzida uma criteriosa avaliação da presença de insetos ou ovos no material vegetal, enquanto folhas doentes devem ser removidas, analisadas e destruídas. Uma vantagem adicional de um espaço de quarentena é a possibilidade de aplicação de tratamentos químicos que não seriam possíveis no arboreto.

O ingresso das mudas na coleção também deve ser precedido por uma análise das raízes da planta quando da sua retirada do vaso para o plantio no solo. Se houver suspeita de presença de nematoides, o segmento da raiz deve ser conduzido ao laboratório para análise ao microscópio antes do plantio. Impedir o ingresso de patógenos na coleção é mais fácil e menos oneroso do que o seu tratamento posterior.

O estágio de **controle** se inicia quando alguma intervenção fitossanitária é necessária. Como já dissemos, o MIPD prioriza métodos de controle menos disruptivos e mais sustentáveis e isso inclui táticas como a introdução de inimigos naturais da praga, o controle biológico, o controle mecânico (armadilhas e barreiras)

e, como último recurso, o uso criterioso de pesticidas seletivos. Barzman *et al*. (2015) destacam a integração de diferentes métodos de controle, enfatizando a preferência por soluções que preservem a integridade ecológica do ambiente. O uso de armadilhas no JBRJ é evitado pelo risco de captura de insetos benéficos e pela extensa área que deveria ser coberta. Por outro lado, a introdução de inimigos naturais no JBRJ ainda não foi realizada devido ao seu alto custo e à necessidade de um estudo criterioso do impacto que esses insetos poderiam ter sobre o ecossistema e sobre os insetos benéficos já existentes no local. Fungos e bactérias entomopatogênicas são a atual estratégia de manejo adotada contra insetos e os elicitores de resistência têm se tornado uma ferramenta importante para o controle de fungos e bactérias fitopatogênicas, como discutiremos adiante.

O estágio final do MIPD é a **avaliação de resultados e ajustes**: após a implementação de estratégias de controle, o monitoramento dos resultados de cada intervenção é crucial para a sua avaliação e para orientar os ajustes que se façam necessários. Essa avaliação contínua, como sugerido por Bajwa *et al.* (2002), permite refinamentos no plano de manejo, garantindo sua efetividade e adaptabilidade a mudanças nas condições do ambiente ou no comportamento das pragas.

3.DISCUSSÃO

3.1. NATUREZA DO PROBLEMA FITOSSANITÁRIO: BIÓTICO OU ABIÓTICO.

O Setor de Fitossanidade do JBRJ é o responsável pelo manejo de problemas de origem biótica no arboreto. Por isso, aspectos abióticos não serão abordados neste trabalho. Quando aspectos abióticos interferem na sanidade de um exemplar da coleção, os técnicos da fitossanidade encaminham um aviso ao setor responsável pelo manejo do solo e da adubação para que investiguem e tomem as providências necessárias no âmbito de sua atuação. Os diversos tipos de solo encontrados no arboreto, oriundos de aterros em diferentes momentos históricos, são um grande desafio e justificam a separação da fitossanidade entre dois setores.

3.2. MANEJO DE PRAGAS: INSETOS E ÁCAROS

A identificação de pragas não necessita do emprego da classificação de McNew, pois são facilmente localizadas e identificadas com os próprios recursos do laboratório de fitossanidade do JBRJ. A diversidade de insetos benéficos que habitam o ecossistema do arboreto mantém sob o nível de controle os patógenos elencados aqui.

A maior dificuldade nesta autorregulação diz respeito às formigas dos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* e aos insetos xilófagos, principalmente cupins de madeira dos gêneros *Nasutitermes*, *Coptotermes* e *Cryptotermes*. As tentativas de controle destas pragas com produtos biológicos não surtiram o efeito necessário. Por isso, até o momento, a única solução disponível é o uso de iscas formicidas e formulações cupinicidas à base de Fipronil. Pela natureza granulada, as iscas formicidas são deixadas sob folhas no entorno do formigueiro e não interferem com outros insetos presentes no local. O controle de cupins exige a aplicação do princípio ativo na forma líquida, mas os aplicadores são orientados a fazê-lo o mais próximo possível ao ninho, justamente para não interferirem com outros insetos.

Besouros são o segundo grupo de insetos que mais causam problemas para as árvores da coleção. Eles introduzem fungos fitopatogênicos junto com os danos mecânicos que causam à madeira para a sua alimentação e oviposição. Um extenso

levantamento realizado por Teixeira (2009) identificou o fungo *Ceratocystis paradoxa* como o causador de mortes entre as icônicas palmeiras-imperais da coleção. Dentre os insetos coletados com armadilhas e com o uso de feromônios, aqueles identificados como possíveis transmissores da doença são coleobrocas (besouros) das famílias *Scolytidae*, *Nitidulidae*, *Curculionidae* e *Platypodidae* (cujas larvas se alimentam de fungos cultivados nas galerias escavadas nos troncos). O controle de besouros, quando necessário, é feito com o uso de armadilhas nos arredores das árvores.

Cochonilhas (*Hemiptera*: *Coccoidea*) e pulgões (*Hemiptera*: *Aphididae*) são problemas sazonais no arboreto e geralmente ocorrem em períodos mais quentes e úmidos. Ambos os grupos são geralmente encontrados em árvores de pequeno porte, arbustos e forragens e exigem medidas de controle por se reproduzirem rapidamente e causarem danos ao desenvolvimento das plantas. O controle pode ser realizado com óleo de neem (azadiractina), quando a infestação for severa e comprometer a planta, ou com fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii* e *Isaria fumosorosea*, nos estágios iniciais da infestação (ARAÚJO *et al.*, 2009; HALDER *et al*., 2013).

A desvantagem do uso de fungos entomopatogênicos são as necessidades específicas no momento do manejo (como o horário da aplicação e as condições climáticas exigidas) e o risco de deriva para espécies não-alvo, tendo em vista que a aplicação precisa cobrir uma área maior das plantas, por não se tratar de um agente de controle ao primeiro contato.

O óleo de neem, embora também possa atingir alvos não prejudiciais, reduz mais rapidamente a infestação com a aplicação direta sobre os insetos-praga. Ele não depende de uma cobertura maior para obter efeitos mais duradouros e não está sujeito à perda de eficácia se aplicado em condições ambientais desfavoráveis para o estabelecimento dos fungos sobre os insetos. A aquisição do óleo de neem também possui um custo sensivelmente menor e a logística de armazenamento é menos complexa.

Outros insetos, como brocas e besouros, ocasionalmente obtém destaque ao afetarem a sanidade de árvores durante a sua nidificação. Destacamos que o ingresso do inseto adulto na árvore, a deposição de ovos e o desenvolvimento das pupas no interior do tronco não são, por si só, motivos para a eliminação do

besouro. Essa é uma interação esperada em um ecossistema natural. O problema, no caso, é o ingresso no caule de fungos com o inseto. Em um ambiente com forte presença de fungos fitopatogênicos, é inevitável acompanhar a árvore, desde a identificação da perfuração, em busca de sinais de que um eventual fungo precise ser controlado, como será discutido em uma seção adiante.

Ácaros fitopatogênicos são um problema sazonal. Dentre os principais, está o ácaro vermelho (*Tetranychus urticae*), que produz teias finas como forma de proteção contra predadores. Os sinais de infestação incluem folhas com coloração pálida e manchada, frequentemente acompanhadas de pontos brancos ou amarelos (MORAES *et al.*, 2008). Os danos podem levar a uma desfolha significativa, afetando a capacidade da planta de realizar fotossíntese. Outra espécie já identificada no arboreto é o ácaro rajado (*Polyphagotarsonemus latus*), que provoca enrugamento e distorção das folhas jovens, além de bronzeamento e redução do crescimento da planta. Este ácaro é particularmente desafiador devido à sua resistência a vários acaricidas e à capacidade de causar danos significativos em um curto período (RODRIGUES *et al.*, 2004).

Foi identificada uma ocorrência de ácaro-da-ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) em uma área do arboreto próxima à rua, onde há diversas residências com seus quintais e vasos de planta. Estas plantas introduzidas na área urbana talvez tenham sido a fonte inicial da infestação. Esse grupo de ácaros induz pequenas lesões arredondadas nas folhas que, com o tempo, podem se unir e formar grandes áreas danificadas que comprometem a saúde geral da planta (JEPPSON *et al.*, 1975). O tratamento para o ácaro-da-ferrugem geralmente envolve acaricidas específicos, mas a remoção e destruição de plantas severamente infectadas também pode ser necessária para reduzir a população de ácaros. No caso, o controle foi feito pela remoção da *Araceae* infestada.

Os ácaros da família *Eriophyidae*, causadores de galhas, já foram identificados, mas as populações eram pequenas e a infestação controlada com a poda dos ramos com folhas afetadas. Estes são ácaros particularmente difíceis de combater mesmo com o uso de acaricidas, pois ficam protegidos dos produtos de contato pelas próprias galhas que produzem.

Nesta família, o ácaro *Aceria litchii* é o problema mais recorrente em árvores de lichia (*Litchi chinensis*) introduzidas há muitas décadas na coleção. Por

infestarem rapidamente toda a copa das árvores e causarem intensa desfolha, o método de controle adotado, que produz resultados com a urgência necessária, tem sido a aplicação sob as folhas de óleo de neem.

Outros grupos de ácaros habitam o ecossistema, mas não foram identificados no período do acompanhamento. Entretanto, ácaros podem ser um desafio futuro para o manejo fitossanitário. O emprego de fungos entomopatogênicos, como *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana*, costumam ser eficazes no controle de ácaros. O *Metarhizium anisopliae*, em particular, tem mostrado resultados promissores no controle de ácaros-rajados e outros ácaros fitófagos (HAJEK *et al*., 2010; MORAES *et al.*, 2008; PESTSOV *et al*., 2019; WAKED *et al*., 2021).

O controle de infestações de ácaros com o uso de ácaros predadores, como *Phytoseiulus macropilis* e *Neoseiulus californicus*, têm se desenvolvido bastante no contexto agronômico, mas o seu emprego demandaria uma pesquisa sobre o seu efeito no ecossistema do local (VERGEL *et al*., 2011; SATO, s/d; WAKED *et al*., 2021).

Outros aspectos logísticos também dificultam o emprego de ácaros predadores, como as exigências de armazenamento das formulações em condições muito diversas daquelas que o JBRJ está preparado para fornecer: tanto em termos de manutenção de uma temperatura ideal, para não perder a viabilidade dos ácaros, como também em relação ao curto tempo de prateleira dos produtos que, no caso de uma autarquia federal, precisam ser adquiridos através de licitação e em volume suficiente para mais de uma aplicação. Com isso, não é possível manter o produto em estoque para aplicações pontuais ao longo de um período extendido de tempo, por exemplo, e tampouco adquirir apenas um pequeno volume para uma única aplicação em uma única árvore.

Quadro resumo: pragas de importância fitossanitária.

	Detalhes
Insetos	*Blattodea* (subordem *Isoptera*: cupins), *Coleoptera* (besouros, coleobrocas), *Hemiptera* (afídeos, cochonilhas, moscas brancas e percevejos), *Lepidoptera* (lagartas), *Hymenoptera* (formigas cortadeiras), *Orthoptera* (grilos e gafanhotos), *Thysanoptera* (tripes).
Aracnídeos	*Eriophyidae*, *Tetranychidae*, *Tarsonemidae*, *Tenuipalpidae*.
Partes afetadas nas plantas	Galhas e danos em folhas, raízes, casca, troncos, flores, frutos e sementes (alimentação nos tecidos ou perfuração para depositar ovos). As brocas introduzem patógenos, que podem se desenvolver em doenças vasculares. Cupins pragas afetam a integridade estrutural das árvores e interrompem o fluxo de água e nutrientes, levando ao declínio da saúde dos exemplares.
Medidas de fitossanitárias	Óleo de neem; fungos e bactérias entomopatogênicos; poda para remover infestações resistentes ou galhas em plantas suscetíveis; uso criterioso de pesticidas seletivos.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

3.2. MANEJO DE DOENÇAS: FUNGOS, OOMICETOS, BACTÉRIAS, VÍRUS E NEMATOIDES.

Os patógenos neste grupo são difíceis de serem identificados com precisão apenas pelos sintomas apresentados nas plantas e há pouca literatura associando-os às espécies arbóreas sem valor comercial. Por isso, neste caso, é mais difícil estabelecer um NDT. Há casos em que fungos de final de ciclo ocorrem naturalmente em uma espécie caducifólia e não carecem de qualquer tratamento, mas também podem contaminar outras espécies perenes ao redor e então se tornarem um problema pelo volume de inóculo presente no local.

O controle de fungos e oomicetos fitopatogênicos, pelos preceitos do MID, é iniciado com o manejo hídrico e da insolação sobre os canteiros. Ambos são desafios em um arboreto muito consolidado e, como já foi descrito, que possui grandes corpos hídricos em seu interior além de dosséis muito fechados de árvores de grande porte. O controle do excesso de umidade no solo e no ambiente tem sido abordado com a instalação de drenos subterrâneos. Eles coletam o excesso de umidade do solo e transportam para rios canalizados em direção à Lagoa Rodrigo

de Freitas. Solos frequentemente encharcados são comuns em alguns canteiros e têm relação com o lençol freático mais elevado. Como não há informações bem documentadas sobre as técnicas de aterro utilizadas por toda a extensão do terreno, não é possível afirmar o tipo de solo original no local e nem qual/ quais tipos de solo foram usados para o seu aterramento. Apenas sabemos, por fotos antigas, que os locais onde há maior umidade no solo estão onde teria sido a margem original da Lagoa Rodrigo de Freitas.

O manejo para o ingresso da radiação solar até o solo é mais difícil de ser conduzido por envolve extensas podas nas copas de árvores antigas. E a defesa destes canteiros sombreados é muito forte entre os visitantes, dificultando o trabalho técnico com notas em jornais locais e mobilizações em redes sociais.

Por estes motivos, colônias de fungos, fitopatogênicos ou não, se desenvolvem e se disseminam ao longo de todo o ano, com discreta redução de atividade no período mais seco do inverno carioca. Fungos liquenizados são prevalentes nos espaços mais sombreados, chegando a recobrir todas as folhas em copas de árvores de menor porte.

3.2.1. Manejo Integrado e a Classificação de Doenças de McNew

Como não é possível criar melhores condições no ambiente para o estabelecimento e desenvolvimento da coleção viva do JBRJ, recorremos ao controle dos patógenos que são identificados durante as visitas de monitoramento do Setor de Fitossanidade. A classificação de doenças de McNew facilita a diferenciação dos patógenos encontrados em campo e nos permite supor possíveis agentes causais e a respectiva urgência na aplicação de medidas de controle, quando estas estão disponíveis. Em alguns casos, a única medida de controle é a própria eliminação do espécime vegetal contaminado em busca de conter o inóculo. Sob essa ótica da classificação, temos seis grupos:

O **Grupo I** reúne doenças, como podridões moles ou secas, que destroem órgãos de armazenamento: sementes, frutos, raízes, rizomas e tubérculos.

O manejo dos fungos neste grupo é feito através da redução do inóculo no ambiente. No JBRJ, isso pode ser realizado pelo descarte adequado das plantas mortas por fungos deste grupo e pelo controle da umidade excessiva no solo. Em

áreas sombreadas, é importante evitar o plantio nos canteiros de forragens que retenham umidade sob suas folhas.

Quadro resumo: doenças de órgãos de armazenamento.

	Detalhes
Foco	Patógenos que causam podridões moles ou secas.
Partes afetadas nas plantas	Sementes, frutos, raízes, rizomas e tubérculos.
Patógenos comuns no JBRJ	*Penicillium* (bolores azul/verde), *Sclerotinia* (podridão algodonosa, podridão mole aquosa), *Botrytis* (mofo cinzento), *Phytophthora*, *Armillaria*, *Fusarium*, *Colletotrichum, Rhyzopus*, *Rhizoctonia* e *Erwinia* (podridão mole bacteriana).
Medidas de controle fitossanitário	Reduzir o inóculo no ambiente, controlar a umidade do solo, assegurar a insolação adequada e a boa circulação de ar; descartar plantas contaminadas ou mortas; evitar lesões nos tecidos das plantas.
Medidas adicionais	Uso de agentes biológicos antifúngicos; promover a colonização do solo por micorrizas; utilizar matéria orgânica bem compostada para melhorar a saúde do solo.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

As doenças do **Grupo II** afetam a formação de tecidos jovens e causam o tombamento de plântulas. Elas podem ser devastadoras para árvores jovens e para as mudas recém-implantadas nos canteiros do JBRJ. Essas doenças atacam as plantas em um estágio inicial de desenvolvimento, onde a resistência aos patógenos é frequentemente mais baixa. Entre os fungos de solo deste grupo, já identificadas no JBRJ, destacam-se: *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani, Fusarium* spp. e *Phytophthora* spp.. As plântulas infectadas muitas vezes apresentam um colapso e apodrecimento na base do caule, resultando na morte do exemplar. Estas doenças são especialmente problemáticas em viveiros, onde a densidade de plantio pode favorecer a disseminação dos patógenos (MICHEREFF, 2001).

Novamente, o controle da umidade do solo e a insolação adequada são fundamentais para prevenir estes patógenos. Da mesma forma, a sanidade das mudas trazidas para o arboreto deve ser criteriosamente avaliada antes de qualquer plantio, uma vez que uma espécie naturalmente resistente a esses fungos pode

servir como fonte de inóculo inicial para as demais plantas suscetíveis em seu canteiro.

Doenças do Grupo II podem ser reduzidas em estádios mais desenvolvidos das plantas pela aplicação via solo de fungos do gênero *Trichoderma* ou de bactérias do gênero *Bacillus*, assim como pela aplicação de compostos que introduzam e favoreçam a colonização do solo por micorrizas. Os três métodos competem com os fungos fitopatogênicos: o primeiro e o terceiro colonizando as raízes nos locais de ligação dos patógenos e, o segundo, produzindo substâncias antibióticas que suprimem o fungo patogênico (AGRIOS, 2005; DEAN *et al*., 2012; HARMAN *et al*., 2004).

Quadro resumo: doenças que afetam tecidos jovens.

	Detalhes
Foco	Doenças que afetam a formação de tecidos jovens, atacando plantas em estágios iniciais de desenvolvimento, quando a resistência aos patógenos é menor.
Partes afetadas nas plantas	Tecidos jovens.
Patógenos comuns no JBRJ	*Rhizoctonia* (tombamento de plântulas), *Pythium* (podridão radicular), *Fusarium* (murcha) e *Phytophthora*.
Medidas de controle fitossanitário	Reduzir o inóculo no ambiente, controlar a umidade do solo, assegurar a insolação adequada e a boa circulação de ar; descartar plantas contaminadas ou mortas; evitar lesões nos tecidos das plantas.
Medidas adicionais	Uso de agentes biológicos antifúngicos; promover a colonização do solo por micorrizas; utilizar matéria orgânica bem compostada para melhorar a saúde do solo; implantar variedades de plantas resistentes, quando disponíveis.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

As mesmas estratégias de manejo preconizadas para o Grupo II evitarão o desenvolvimento das doenças do Grupo III, que afetam diretamente a absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas. No contexto do JBRJ, que abriga uma ampla diversidade de espécies vegetais, incluindo árvores raras e exóticas, o manejo eficaz dos patógenos neste grupo é crucial, pois essas doenças podem levar árvores adultas à morte.

Algumas das doenças e patógenos relevantes para árvores já identificadas no JBRJ incluem: (a) podridão de raiz por *Phytophthora* spp., o fungo afeta uma ampla variedade de árvores ornamentais e nativas, levando ao apodrecimento das raízes e, eventualmente, à morte da planta devido à incapacidade de absorver água e nutrientes; (b) podridão parda (armilariose) das raízes por *Armillaria* spp., ela afeta várias espécies de árvores, causando a morte de tecidos nas raízes e na base do tronco, comprometendo a estabilidade e a nutrição da árvore; (c) podridão do colo e raiz por *Fusarium* spp. e *Rhizoctonia* spp., principalmente em viveiros e em plântulas jovens recém-transplantadas para o arboreto. Os fungos atacam a base da planta e as raízes, podendo causar o declínio gradual da árvore e morte se não forem controlados (AGRIOS, 2005).

Quadro resumo: doenças que afetam raízes.

	Detalhes
Foco	Afetam a absorção de água e de nutrientes pelas raízes.
Partes afetadas nas plantas	Raízes e colo.
Patógenos comuns no JBRJ	*Fusarium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Thielaviopsis*.
Medidas de controle fitossanitário	Reduzir o inóculo no ambiente, controlar a umidade do solo, assegurar a insolação adequada e a boa circulação de ar; descartar plantas contaminadas ou mortas; evitar lesões nos tecidos das plantas.
Medidas adicionais	Uso de agentes biológicos antifúngicos; promover a colonização do solo por micorrizas; utilizar matéria orgânica bem compostada para melhorar a saúde do solo.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

As doenças do Grupo IV afetam o sistema vascular das plantas, comprometendo o transporte de água e nutrientes. Estas doenças são causadas por patógenos que invadem o xilema ou o floema das plantas, resultando em sintomas como murcha, amarelecimento, e até mesmo a morte da planta. No JBRJ foram identificados os seguintes fungos como os responsáveis pelo apodrecimento de árvores e arbustos: *Botryosphaeria* spp. (cancro no estágio inicial), *Fusarium oxysporum*, *Ceratocystis* spp., *Schizophyllum* spp., *Verticillium* spp. e *Phytophthora*

spp.. No caso de bactérias com os mesmos sintomas, identificamos *Ralstonia* spp., *Xylella* spp., *Erwinia* spp. e *Pantoea* sp..

O tratamento é muito difícil quando o fungo ou a bactéria já colonizou os tecidos internos de uma árvore. Podas podem ser realizadas para tentar isolar partes doentes do tronco ou dos ramos, mas, em geral, a doença continua a se disseminar dentro da planta. Medidas rigorosas de desinfestação devem ser aplicadas nas ferramentas utilizadas para podas ou para a remoção desse material vegetal contaminado. As ferramentas têm um grande potencial para disseminar os patógenos deste grupo para outras árvores.

No caso específico das bactérias deste grupo, elas podem ser transmitidas por insetos-vetores, assim como pelo escoamento subsuperficial que se desloca de uma planta doente para as demais. Os insetos-vetores são de controle difícil sem afetar o resto da biodiversidade do Jardim Botânico. Porém, quando o vetor é conhecido, podem ser empregadas armadilhas com feromônios ou aplicações de fungos entomopatogênicos. Para corrigir o excesso de água do solo, devem ser tomadas medidas para a drenagem do excesso de umidade ou para a coleta do escoamento em períodos de chuva.

Indutores de resistência também podem ser aplicados nestes casos para estimular as defesas naturais das plantas, preparando-as para responder de maneira mais eficaz a ataques patogênicos. Entre os indutores de resistência mais conhecidos, citamos o ácido salicílico, que é um hormônio vegetal com papel crucial na indução de resistência sistêmica adquirida contra uma variedade de patógenos, incluindo fungos como *Fusarium oxysporum* e bactérias do gênero *Pseudomonas* (VLOT *et al.*, 2009). Outros compostos, como elicitores de quitina e quitosana, derivados das paredes celulares de fungos e exoesqueletos de insetos, também são conhecidos por fortalecer as respostas das plantas a patógenos (HADWIGER, 2013).

O jasmonato de metila, parte do sistema de sinalização de jasmonato das plantas, é reconhecido por sua capacidade de induzir defesas contra uma ampla gama de patógenos, mostrando eficácia contra doenças causadas por *Phytophthora* spp. e *Xylella fastidiosa* (BROWSE, 2009). O benzotiadiazol, um análogo sintético do ácido salicílico, é comercializado como indutor de resistência para o controle de doenças fúngicas e bacterianas, sendo eficaz contra *Fusarium oxysporum* e várias

bactérias (LAWTON *et al*., 1996; MARTINS-MIRANDA, 2006). As proteínas harpinas, produzidas por várias bactérias fitopatogênicas, quando aplicadas em plantas, podem induzir várias respostas de defesa, aumentando a resistência das plantas contra patógenos como *Erwinia* spp. (DONG *et al*., 1999; GUZMÁN, 2022).

A aplicação desses indutores pode ser feita de diferentes maneiras, conforme a formulação adquirida e o manejo pretendido. Mas a pulverização foliar é a mais comum para induzir uma resposta sistêmica mais rapidamente.

Quadro resumo: doenças do sistema vascular.

	Detalhes
Foco	Doenças que afetam o sistema vascular, comprometendo o transporte de água e nutrientes.
Partes afetadas nas plantas	Sistema vascular.
Patógenos comuns no JBRJ	*Botryosphaeria*, *Fusarium* (murcha vascular), *Ceratocystis*, *Lasiodiplodia*, *Schizophyllum*, *Verticillium*, *Phytophthora*, *Ralstonia* (murcha bacteriana), *Xylella* (queima das folhas), *Erwinia* e *Pantoea*.
Transmissão	Insetos, animais, ferramentas, restos de plantas, solo, água e vento.
Medidas de controle fitossanitário	Controle de insetos (difícil se não forem visíveis na planta); indutores de resistência: ácido salicílico, metil jasmonato, proteínas harpinas, benzotiadiazol, fosfito de potássio. Não há tratamento curativo, apenas preventivo ou voltado para a manutenção da saúde da planta afetada de modo que a doença não progrida.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

Doenças do Grupo V, cujos danos causados à superfície foliar interferem com a fotossíntese, representam um grande desafio para a saúde e a estética das árvores, arbustos e forragens no JBRJ. As doenças neste grupo são as mais recorrentes no arboreto, tanto devido ao grande número de patógenos incluídos nesta categoria quanto ao microclima propício ao desenvolvimento e à disseminação deles, com calor e umidade relativa do ar elevados. As principais doenças neste grupo para árvores são as manchas foliares, míldios, oídio e ferrugens.

As manchas foliares mais comuns são causadas por líquenes, organismos não fitopatogênicos formados pela associação simbiótica entre algas ou cianobactérias e fungos. Embora eles interfiram com a área fotossintetizante das

folhas, os líquenes são considerados indicadores importantes de qualidade ambiental e têm funções importantes na fixação do carbono e do nitrogênio, e na bioacumulação e biodegradação de minerais. Esses processos tornam os líquenes componentes essenciais nos ecossistemas, contribuindo para a fertilidade do solo (CORNELISSEN *et al*., 2007; PORADA *et al*., 2014).

Em seguida, temos outro grupo de manchas foliares que não são causadas por fungos: as manchas de algas do gênero *Cephaleuros*, algas verdes parasitas que infectam as folhas, galhos e frutos de numerosas espécies de plantas hospedeiras. Elas são as responsáveis pelas chamadas manchas alaranjadas ou ferrugem algal, bastante comum em formações florestais, jardins botânicos e em algumas culturas de valor comercial. Malagi *et al*. (2011) afirma que uma única espécie do gênero, a *Cephaleuros virescens*, já é reconhecida como um patógeno em mais de 300 espécies de plantas nas regiões tropical e subtropical.

Brooks *et al*. (2015) e Pereira *et al*. (2020) descrevem o dano causado pelo gênero *Cephaleuros* como patógeno de plantas: a alga forma talos entre a cutícula e a epiderme dos hospedeiros, podendo causar clorose e morte dos ramos quando o seu crescimento é intercelular. Para os autores, essas algas são indicativas de desequilíbrios ecológicos e estresses ambientais que favorecem seu desenvolvimento sobre outros microrganismos menos agressivos.

O manejo destas algas é difícil sem o recurso a produtos químicos que não são permitidos em área urbana no município do Rio de Janeiro. Uma opção, ainda não testada no JBRJ, mas que se enquadra no contexto do Manejo Integrado proposto neste trabalho, é o emprego de bactérias do gênero *Streptomyces* (OLIVEIRA, 2024; RAMYA *et al*., 2013). O gênero tem ação sobre as algas e também sobre alguns fungos fitopatogênicos, o que representaria uma alternativa com dupla função no manejo fitossanitário no JBRJ.

Outras manchas foliares se dividem entre aquelas causadas por Oomicetos e por fungos verdadeiros. Dentre os oomicetos o problema mais acentuado é o míldio no roseiral do instituto causado por *Peronospora sparsa*. Em seguida, identificamos o míldio causado por *Phytophthora spp.*, *Pseudoperonospora cubensis* e *Bremia* spp.. Todas são atualmente tratadas com calda bordalesa, mas, aos poucos, estamos testando o manejo com aplicações foliares de fosfito de potássio (00 - 40 - 20), que possui ação direta contra diversos gêneros de oomicetos, assim como atua

na ativação das defesas internas das plantas contra fungos em geral (MIGUEZ, 2024).

A escolha pela aplicação do fosfito de potássio depende de uma avaliação criteriosa sobre o estado nutricional da planta. As plantas utilizam o fosfato como fonte de fósforo e o fosfito pode induzir a uma carência deste nutriente. Apenas o potássio da formulação está em sua forma química utilizável como nutriente pelas plantas.

No grande grupo das manchas foliares causadas por fungos no JBRJ, a fumagina (*Capnodium* spp.) está entre as que não são fitopatogênicas, mas que interferem com os processos de respiração a transpiração foliares, assim como com a fotossíntese das plantas. O manejo para o controle da fumagina passa pela redução das populações dos insetos picadores-sugadores (cochonilhas e pulgões) que se alimentam das espécies vegetais afetadas. Quando há populações visíveis destes insetos, o controle é conduzido com óleo de neem, como já mencionado acima. Mas quando se trata se insetos voadores, ou generalistas, que não se fixam a uma única planta para o seu ciclo de vida, a redução das populações é mais difícil e, por isso, é preciso conter os danos causados pelo fungo. No momento, este controle é feito pela aplicação de calda bordalesa, mas estamos aprofundando a pesquisa para o uso de peróxido de hidrogênico (H_2O_2) a 3% sobre as folhas afetadas (BATZER *et al*., 2002). A calda sulfocálcica foi considerada como uma alternativa ao uso do cobre, mas ela é facilmente lavada pela chuva ou pela gutação das folhas, é mais rapidamente degradada e possui um odor mais desagradável que permanece por algum tempo no local da aplicação (REBELO *et al*., 2015; GONÇALVES, 2021).

O peróxido de hidrogênio é um oxidante que se decompõe em água e oxigênio atômico no interior das células fúngicas. Esse oxigênio se transforma em radicais livres, como o radical hidroxila, que danificam componentes celulares do fungo, levando à destruição das suas membranas celulares e à morte das células fúngicas. A reação oxidativa interrompe processos metabólicos nos fungos por danificar ácidos nucleicos e proteínas e desintegra a camada de micélio fúngico sobre as folhas.

No âmbito das manchas foliares causadas por fungos fitopatogênicos, a ferrugem das mirtáceas (*Austropuccinia psidii*) têm muita visibilidade do JBRJ devido

ao grande número de exemplares deste gênero de plantas no arboreto. O maior problema se concentra nos jambeiros (*Syzygium jambos*), plantados com pouco espaçamento, que desenvolvem a doença em ciclos sazonais. Também já identificamos o patógeno em pitangueiras (*Eugenia uniflora*) e em outras árvores e arbustos do gênero *Eugenia* da coleção do JBRJ. A ferrugem prejudica o desenvolvimento das árvores e a produção de frutos para alimentar a fauna local.

Nas árvores de menor porte, o tratamento é feito com a aplicação foliar de calda bordalesa. Isso reduz a disseminação do fungo, mas não possui efeito preventivo e tampouco sistêmico. Como os jambeiros possuem copas densas, que retém calor e umidade no seu interior, a doença continua a produzir novos inóculos.

No caso dos jambeiros de maior porte, a pulverização se restringe ao terço inferior da copa, tanto pela dificuldade técnica como pelo grande volume de produto que seria necessário para recobrir toda a árvore. Entretanto, o formato piramidal das copas dificulta naturalmente o estabelecimento do fungo nos terços apical e mediano, que recebem maior insolação e circulação de ar do que a base mais compacta e sombreada.

O *Bacillus subtilis* tem sido estudo, há mais de duas décadas, como agente de controle biológico contra o fungo *Austropuccinia psidii* (SANTOS *et al*., 1998; LI *et al*., 2013). Embora os trabalhos comprovem a ação fungicida, as restrições ao estágio de controle e o número limitado de isolados da bactéria estudados, não permitem concluir que seja um meio de controle aplicável a todas as culturas. Outros estudos para o controle da ferrugem das mirtáceas, com bactérias do gênero *Pseudomonas* (SILVA *et al*., 2005; SILVA *et al*., 2017) e com fungos entomopatogênicos do gênero *Trichoderma* (FERNANDES *et al*., 2008; SILVA *et al*., 2017), vêm sendo conduzidos, mas ainda sem aplicação comercial em larga escala.

Outro grupo responsável por muitas manchas foliares no JBRJ é o complexo de espécies de *Colletotrichum*, que causam antracnose em diversas espécies do arboreto. Identificamos o primeiro registro de antracnose por uma mutação do fungo *Colletotrichum* em árvores de jamelão (*Syzygium cumini*). A doença foi responsável por intensa desfolha e abortamento de flores e frutos em árvores adultas, além de evoluir para a seca de ponteiros. O tratamento com calda bordalesa não surtiu efeito contra o fungo e, por isso, conduzimos com sucesso uma pesquisa sobre o uso de fosfito de potássio como indutor de resistência contra *Colletotrichum*. O fosfito de

potássio (formulação 00 - 40 - 20) apresentou efeito fungicida e fungistático e interrompeu o desenvolvimento do fungo nas áreas já contaminadas, permitindo que as árvores se restabelecessem (MIGUEZ, 2024).

As demais manchas foliares encontradas no JBRJ, identificadas por análise morfológica em, em alguns casos, molecular, são causadas por diversas espécies de fungos fitopatogênicos: *Alternaria* sp., *Austropuccinia psidii*, *Bipolaris* sp., *Botrytis* sp., *Cercospora* sp., *Cladosporium* sp., *Corynespora* sp., *Curvularia* sp., *Diplocarpon rosae, Diplodia* sp., *Elsinoë* sp., *Erysiphe* sp., *Gloeosporium* sp., *Guignardia* sp., *Hemileia* sp., *Lecanosticta* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Melanconiella* sp. (anteriormente *Meliola* sp.), *Mycosphaerella* sp., *Moniliophthora* sp., *Oidium mangiferae, Oidium* sp., *Pestalotia* sp., *Pestalotiopsis* sp., *Phoma* sp., *Ramularia* sp., *Rhizopus* sp. e *Septoria* sp..

O tratamento destas manchas foliares depende de uma avaliação criteriosa dos sinais apresentados e do ciclo das espécies arbóreas. Em espécies caducifólias, é comum encontrar grande quantidades de fungos antes da abscisão foliar sazonal e que não demandam qualquer tipo de controle. Por outro lado, estas árvores se tornam fontes de inóculo para as espécies perenes implantadas ao redor. Em geral, as manchas causadas por fungos que demandam tratamento estão nos galhos mais baixos das árvores, em arbustos ou em folhagens, sempre associados ao microclima propício ao seu desenvolvimento com baixa irradiação solar, alta temperatura e umidade. A primeira etapa do manejo é a aplicação foliar de calda bordalesa. Em seguida, orientados pelas práticas de MID, avaliamos a necessidade de podas nas árvores ao redor para permitir maior insolação e circulação de ar no canteiro. A maioria dos fungos neste Grupo V têm capacidade de colonizar frutos também, o que facilita a dispersão da doença por longas distâncias por aves e mamíferos.

O controle de fungos que causam manchas foliares por bactérias e outros fungos também vem sendo bastante pesquisado na literatura agronômica, como já mencionado antes (ELAD, 2000; ELAD *et al*., 2002; LAHLALI, 2022; SANTOS *et al*., 2022). Contudo, ainda há riscos de que o emprego indiscriminado destes agentes sobre plantas não estudadas permita que eles se tornem patogênicos para algumas espécies de plantas. Por isso, o uso destes recursos biológicos precisa ser cuidadosamente avaliado. O uso de peróxido de hidrogênio, como no caso da fumagina, também pode replicado para outras manchas foliares de origem fúngica.

Esse é um uso que pretendemos investigar com cautela no JBRJ, nos assegurando de que o produto não seja fitotóxico para as espécies com as quais trabalhamos.

Quadro resumo: doenças da superfície foliar.

	Detalhes
Foco	Cobertura ou dano na superfície das folhas, interferindo na respiração/transpiração e na área fotossintética.
Sintomas	Manchas foliares, descoloração.
Causas comuns no JBRJ	Líquenes (associação simbiótica entre algas/cianobactérias e fungos); *Cephaleuros* (mancha de alga); Fungos: *Alternaria*, *Austropuccinia psidii*, *Bipolaris*, *Botrytis*, *Capnodium* (fumagina), *Cercospora*, *Cladosporium*, *Corynespora*, *Curvularia*, *Diplocarpon rosae*, *Diplodia*, *Elsinoë*, *Erysiphe*, *Gloeosporium*, *Guignardia*, *Hemileia*, *Lecanosticta*, *Lasiodiplodia*, *Melanconiella* (anteriormente *Meliola*), *Moniliophthora*, *Mycosphaerella*, *Oidium*, *Pestalotia*, *Pestalotiopsis*, *Phoma*, *Ramularia*, *Rhizopus*, *Septoria* e *Stigmina*. Oomicetos: *Bremia*, *Peronospora*, *Phytophthora* e *Pseudoperonospora*.
Impacto	Líquenes: interferem na área fotossintética, mas contribuem para a fixação de carbono e nitrogênio, bioacumulação e biodegradação de minerais; Algas: formam talos entre a cutícula e a epiderme dos hospedeiros, causando clorose e morte dos ramos quando seu crescimento é intercelular; Fungos/Oomicetos/bactérias: interferem na área fotossintética e causam danos aos tecidos.
Medidas de controle fitossanitário	Controle dos níveis de umidade, promovendo a circulação de ar e insolação adequadas através da poda; descarte de folhas e galhos afetados; algas: uso de bactérias do gênero Streptomyces, que atuam em algas e em alguns fungos fitopatogênicos, representando uma alternativa com dupla função; Fungos/Oomicetos: indutores de resistência (fosfito de potássio), calda bordalesa, peróxido de hidrogênio a 3% (H_2O_2) ou calda sulfocálcica; Capnodium: peróxido de hidrogênio a 3% (H_2O_2), além do controle de insetos picadores/ sugadores e de ácaros com óleo de neem ou armadilhas com feromônio.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

Por fim, o Grupo VI refere-se a doenças que alteram processos fisiológicos e metabólicos nas plantas. Essas doenças podem interferir significativamente no crescimento e desenvolvimento das plantas e afetar a saúde geral da coleção viva em jardins botânicos. Neste grupo, encontramos (a) doenças causadas por

fitoplasmas, que afetam o floema e, consequentemente, resultam em definhamento e, eventualmente, morte da árvore; (b) viroses que podem restringir a movimentação de açúcares e outros nutrientes dentro da planta, levando a sintomas de clorose e deformação foliar; (c) galhas causadas por nematoides, que podem afetar significativamente o metabolismo da planta ao desviar nutrientes; (d) cancros nos troncos e galhos, causados por diversos patógenos que, ao invadirem tecidos vasculares, podem interferir na translocação de açúcares e na capacidade da planta de armazenar energia, causando um declínio gradual da saúde da árvore.

Nematoides são difíceis de serem identificados em árvores adultas sem danificamos as raízes para localizá-los. Este talvez seja o motivo para a subnotificação de problemas abióticos com origem em fitonematoides no JBRJ. Sintomas em reboleira, como os presentes em culturas comerciais são, poucas vezes, reportados em forragens nos canteiros, mas não ensejam uma investigação em laboratório pela auto-limitação dos danos.

Um dos grupos mais importantes de nematoides fitopatogênicos na região do JBRJ é o dos nematoides das galhas radiculares, principalmente representados pelo gênero *Meloidogyne*. Já foram identificados exemplares em árvores tombadas após chuvas intensas no arboreto. O mesmo gênero já foi encontrado em espécies de *Araceae*, impedindo o desenvolvimento das plantas em alguns canteiros. Nematoides de cisto foram identificados em raízes adventícias de pau-mulato (*Calycophyllum spruceanum*) mas não foi possível determinar, com precisão, o gênero dos mesmos (*Heterodera* ou *Globodera*). O declínio de mudas implantadas no local, em substituição, sugerem que os nematoides tivessem ação patológica sobre as mesmas. Uma vez que o terreno retomou a alta umidade natural após um longo período de seca, o problema nesta aleia parece ter sido resolvido.

A microbiota do solo controla os fitonematoides por meio de diversos mecanismos, incluindo competição, antibiose, parasitismo e indução de resistência nas plantas. Fungos e bactérias benéficos, como os do gênero *Trichoderma* e *Bacillus*, podem colonizar as raízes das plantas e produzir substâncias que inibem ou matam os nematoides. Em casos severos de ataques de nematoides, aplicações no solo de *Bacillus subtilis* auxiliam na redução da população do verme

As doenças neste sexto grupo são mais difíceis de diagnosticar sem o recurso a técnicas moleculares. Por isso, costumam ser percebidas quando os

sintomas e/ ou sinais já são bastante visíveis e, por vezes, a planta já está em declínio. Como não há tratamento para estas patologias, o recurso que resta é a eliminação do espécime doente para evitar que ele sirva como fonte de contaminação para outros exemplares.

Quando as doenças neste grupo se manifestam em espécimes de destaque na coleção do arboreto, são conduzidas pesquisas de diagnóstico mais aprofundadas, inclusive com testes moleculares. O objetivo é entender melhor a etiologia da doença, sua provável forma de transmissão e terapias que possam ser aplicadas para evitar que a planta contamine outras.

Quadro resumo: doenças de processos metabólicos ou fisiológicos.

	Detalhes
Foco	Doenças que alteram os processos fisiológicos e metabólicos nas plantas, afetando o crescimento e o desenvolvimento.
Sintomas	Murcha, clorose, necrose, cancros em troncos e galhos, desvio de nutrientes.
Patógenos comuns no JBRJ	*Agrobacterium* (galha da coroa), *Xanthomonas*, *Pseudomonas*, *Pantoea*, *Pectobacterium*, *Xylella* (queima das folhas), *Erwinia* (fogo bacteriano) e vírus.
Transmissão	Insetos, animais, ferramentas, restos de plantas, solo, água e vento.
Medidas de controle fitossanitário	Controle biológico: microrganismos benéficos (*Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., *Streptomyces* spp.); destruição de material vegetal infectado; medidas de quarentena; monitoramento regular e detecção precoce através de testes moleculares. Não há tratamento curativo, apenas preventivo ou voltado para a manutenção da saúde da planta afetada de modo que a doença não progrida.
Medidas adicionais	Indutores de resistência: ácido salicílico, metil jasmonato, proteínas harpinas, benzotiadiazol, fosfito de potássio; promover a saúde das plantas com nutrição adequada e práticas culturais apropriadas; controle de populações de insetos picadores/ sugadores e de ácaros com óleo de neem ou armadilhas de feromônio.

(Adaptado de: MIGUEZ *et al,* 2024)

4.CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação da biodiversidade nos jardins botânicos beneficia-se do manejo integrado de pragas e doenças (MIPD) que prioriza métodos menos agressivos ao ecossistema para controlar populações de pragas e doenças. O monitoramento constante da coleção permite a tomada de decisões informadas sobre a necessidade e o momento de intervenções, minimizando o uso de intervenções químicas e promovendo a resiliência ecológica (DENT, 2000). Além disso, a educação ambiental e a disseminação de informações sobre práticas de manejo sustentável são componentes cruciais, capacitando profissionais e visitantes a compreender e apoiar os esforços de manejo integrado (PICKETT, 2009).

A adoção de práticas sustentáveis de manejo de pragas e doenças em jardins botânicos não apenas protege as coleções de plantas, mas também serve como um modelo mais amplo para práticas agrícolas ecológicas. Os jardins botânicos podem demonstrar, através do seu compromisso com a pesquisa e a educação ambiental, a eficácia do Manejo Integrado de Pragas e Doenças (MIPD) em diversos contextos, desde a produção de alimentos até a conservação de habitats.

Consequentemente, nossas instituições podem se tornar atores centrais na promoção das mudanças necessárias em direção a uma relação sustentável com a natureza, inspirando a adoção generalizada dessas práticas e fomentando uma apreciação mais profunda pela responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIOS, G. N. *Plant Pathology*. Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2005.

ALMEIDA, M. *Os Jardins Botânicos e a Modernidade Científica*. Lisboa: Editorial Presença, 1990.

ALTIERI, M.A. "The ecological role of biodiversity in agroecosystems." *Agriculture, Ecosystems Environment*, 74(1-3), 19-31, 1999.

ARAÚJO, J. M. de; MARQUES, E.; OLIVEIRA, J. V. de. "Potencial de isolados de *Metarhizium anisopliae* e *Beauveria bassiana* e óleo de neem no controle do pulgão *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae)." *Neotropical Entomology*, v. 38, n. 4, p. 520-525, 2009. DOI: 10.1590/S1519-566X2009000400012.

BEDIAGA, B.; LIMA, H. C.; MORIM, M. P. e BARROS, C. F.. "Da aclimatação à conservação: as atividades científicas durante dois séculos." *Jardim Botânico do Rio de Janeiro 1808-2008*. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro: 2008, pp. 24-43

BEDIAGA, B.. "O Jardim Botânico do Rio de Janeiro e as ciências agrárias." *Ciência e Cultura*. v. 62: 2010, pp. 28-32

BAJWA, W.I.; KOGAN, M.. "Compendium of IPM Definitions (CID)- What is IPM and how is it defined in the Worldwide Literature?" *IPPC Publication* n. 998, Oregon State University, Corvallis, 2002.

BARZMAN, M., BÀRBERI, P., BIRCH, A., BOONEKAMP, P.. "Eight principles of integrated pest management." *Agronomy for Sustainable Development*, 35(4), 1199-1215, 2015. DOI: 10.1007/s13593-015-0327-6.

BATZER, J., GLEASON, M., WELDON, B., DIXON, P.; NUTTER, F.. "Evaluation of Postharvest Removal of Sooty Blotch and Flyspeck on Apples Using Sodium Hypochlorite, Hydrogen Peroxide with Peroxyacetic Acid, and Soap." *Plant Disease*, 86(12), 1325-1332, 2002. DOI: 10.1094/PDIS.2002.86.12.1325

BIDDLE, P.. "Education and Integrated Pest Management in Botanic Gardens." *Journal of Environmental Management*, 34(2), 189-198, 2007.

BROWSE, J.. "Jasmonate Passes Muster: A Receptor and Targets for the Defense Hormone." *Annual Review of Plant Biology*, 2009.

CONAMA; JBRJ; RBJB; BGCI. *Normas Internacionais de Conservação para Jardins Botânicos*. Rio de Janeiro: EMC, 2001.

CORNELISSEN, J. H. C.; LANG, S. I., SOUDZILOVSKAIA, N. A.; DURING, H. J.. "Comparative cryptogam ecology: a review of bryophyte and lichen traits that drive biogeochemistry." *Annals of Botany*, 99(5), 987-1001, 2007. DOI: 10.1093/aob/mcm030.

DEAN, R.; VAN KAN, J. A.; PRETORIUS, Z. A.; HAMMOND-KOSACK, K. E.; DI PIETRO, A.; SPANU, P. D.; RUDD, J. J.; DICKMAN, M.; KAHMANN, R.; ELLIS, J.; FOSTER, G. D.. "The Top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology." *Molecular Plant Pathology*, 13(4), 414-430, 2010. DOI: 10.1111/j.1364-3703.2011.00783.x.

DENT, D. *Insect Pest Management*. Wallingford: CABI Publishing, 2000.

DONG, H.; DELANEY, T. P.; BAUER, D. W.; BEER, S. V.. "Harpin induces disease resistance in *Arabidopsis* through the systemic acquired resistance pathway mediated by salicylic acid and the NIM1 gene." *Plant Journa*l, 1999.

ELAD, Y. "Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action." *Crop Protection*, v. 19, n. 7, p. 709-714, 2000.

ELAD, Y.; FREEMAN, S.. "Biological Control of Fungal Plant Pathogens." In: KEMPKEN, F. (ed) *Agricultural Applications: The Mycota*, vol 11. Berlin, Heidelberg: Springer, 2002. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03059-2_6

FERNANDES, E. K.; BITTENCOURT, V. R. E.. "The use of *Trichoderma* spp. in the control of Puccinia psidii." *Biological Control*, 47(3), 295-299, 2008. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2008.08.001.

FLINT, M.L.; VAN DEN BOSCH, R. *Introduction to Integrated Pest Management*. Chicago: Plenum Press, 1981.

FREIRE, O. *A Institucionalização da Ciência no Brasil: o papel dos Jardins Botânicos*. Rio de Janeiro: Museu da República, 2002.

GASPAR, C.; BARATA, C. *De Engenho a Jardim. Memórias históricas do Jardim Botânico*. Rio de Janeiro: Capivara, 2008.

GONÇALVES, A. M. S.. *Uso da Calda Sulfocálcica no Controle de Pragas e Doenças*. (2021). Dissertação (Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

GURR, G.M.; WRATTEN, S.D.; ALTIERI, M.A. "Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods." *CSIRO Publishing*, 2017.

GUZMÁN, V. R. *Control biológico de Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis en jitomate (Solanum lycopersicum L.)*. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências - Fitossanidade) - Colegio de Postgraduados, Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, 2022.

HAJEK, A.; DELALIBERA, Í. "Fungal pathogens as classical biological control agents against arthropods." *BioControl*, v. 55, p. 147-158, 2010. DOI: 10.1007/s10526-009-9241-x.

HALDER, J., RAI, A.; KODANDARAM, M. H.. "Compatibility of Neem Oil and Different Entomopathogens for the Management of Major Vegetable Sucking Pests." *National Academy Science Letters*, 36, 19-25, 2013.

HARMAN, G. E.; HOWELL, C. R.; VITERBO, A.; CHET, I.; LORITO, M.. "Trichoderma species — opportunistic, avirulent plant symbionts." *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43-56, 2004.

HADWIGER, L. A.. ”Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype." *Plant Science*, v. 208, July, 2013. https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.03.007

IBAM. *Adequação do plano diretor do Jardim Botânico do Rio de Janeiro: produto final*. [2 volumes] Rio de Janeiro: IBAM, 2009.

IVES, J. "Biological controls in botanic gardens." *Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture*, (18), 117–125, 2020. https://doi.org/10.24823/Sibbaldia.2020.292

LACEY, L. A.; KAYA, H. K.. *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and evaluation of pathogens for control of insects and other invertebrate pests*. Dordrecht: Springer, 2007.

LAHLALI, R.; EZRARI, S.; RADOUANE, N.; KENFAOUI, J.; ESMAEEL, Q.; EL HAMSS, H.; BELABESS, Z.; BARKA, E.A. "Biological Control of Plant Pathogens: A Global Perspective." *Microorganisms*, v. 10, p. 596, 2022. https://doi.org/10.3390/microorganisms10030596

LAMARÃO, Sergio T. N.; SOUZA, Luís Octávio G. "Jardim Botânico: dois séculos de história." In: SOARES, Nair; BRAUTIGAM, Sylvia (org.). *Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 1808-2008.* Rio de Janeiro: Arterpadilla: 2008, pp. 41-99.

LAVÔR, João Conrado Niemeyer. *Histórico do Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: IBDF/JBRJ: 1983.

LAWTON, K.; FRIEDRICH, L.; HUNT, M.; WEYMANN, K.; STAUB, T.; KESSMANN, H.; RYALS, J.. "Benzothiadiazole induces disease resistance in *Arabidopsis* by activation of the systemic acquired resistance signal transduction pathway." *Phytopathology*, 1996.

LI, H.; ZHAO, J.; FENG, H.; HUANG, L.; KANG, Z. "Biological control of wheat stripe rust by an endophytic *Bacillus subtilis* strain E1R-j in greenhouse and field trials." *Crop Protection*, v. 43, p. 201-206, 2013.

MALAGI, G.; SANTOS, I. dos, MAZARO, S. M.; GUGINSKI, C. A. "Detecção de mancha-de-alga (*Cephaleuros virescens* Kunze) em citros no Estado do Paraná." *Revista Brasileira de Agrociência*, Pelotas, v. 17, n. 1-4, p. 148-152, 2011.

MARTINS-MIRANDA, A. S.; MONTEIRO JÚNIOR, J. E.; GONDIM, D. M. F.; BARRETO, A. L. H.; FREIRE-FILHO, F. R.; VASCONCELOS, I. M.; OLIVEIRA, J. T. A. "Benzotiadiazol (BTH) induz atividades das enzimas peroxidase, β-1,3-glucanase e formação de lignina em feijão-caupi." In: I Congresso Nacional de Feijão-Caupi; VI Reunião Nacional de Feijão-Caupi, 2006, Teresina. *Tecnologias para o agronegócio: anais*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006.

McNEW, G.L.."The nature, origin, and evolution of parasitism." In HORSFALL, J.G.; DIMOND, A. E.. *Plant pathology: an advanced treatise*. Academic Press, New York. v.2. 1960 p. 19-69.

MICHEREFF, S. J.. *Doenças das Plantas: Prevenção e Controle*. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001.

MIGUEZ, R. C.. *Efeitos da aplicação foliar de fosfito de potássio na proteção de jamelão (Syzygium cumini L.) contra antracnose por Colletotrichum* sp*.: Um estudo de caso no Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. (2024). Monografia (Especialização em Fisiologia Vegetal, Nutrição e Desenvolvimento de Plantas). Universidade de São Paulo (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), Piracicaba.

MIGUEZ, R. C.; SANTOS, M.; MOSCATELLI, M. L. T.; ARMESTO, C.. "Integrated Pest and Disease Management at the Botanical Garden of Rio de Janeiro (JBRJ): Current and Future Perspectives." In: Botanical Gardens Conservation International (BGCI) Journal, julho/agosto 2024. (No prelo)

MORAES, G.J. de; FLECHTMANN, C.H.W.. *Manual de Acarologia: Acarologia Básica e Ácaros de Plantas Cultivadas no Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2008.

NEPOMUCENO, R. *O Jardim de D. João.* Rio de Janeiro, Casa da Palavra: 2007.

OLDFIELD, G.N.; PROESELER, G.. "Eriophyoid Mites as Vectors of Plant Pathogens." In: *Eriophyoid Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control.* Amsterdam, Elsevier Science: 1996.

OLIVEIRA, A.. "A Construção da Paisagem". IN: *Jardim Botânico do Rio de Janeiro: 1808-2008*. Rio de Janeiro: JBRJ, 2008.

OLIVEIRA, L.. *A Corte no Brasil: A chegada da família real portuguesa e o Rio de Janeiro como capital do império.* Rio de Janeiro: Record, 2008.

OLIVEIRA, V. H. de. *Avaliação do potencial biotecnológico de Streptomyces* sp. *para biocontrole de fungos fitopatogênicos de espécies agrícolas de importância econômica: biocontrole de fitopatógenos por Streptomyces* sp.. (2024). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biotecnologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2024. Disponível em: https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/19464.

PEDIGO, L.P. *Entomology and Pest Management*. London: Prentice Hall, 1999.

PEDIGO, L.P.; RICE, M.E.; HIGLEY, L.G.. *Economic Thresholds for Integrated Pest Management*. University of Nebraska Press, 1986.

PESTSOV, G.; GLAZUNOVA, A.; LUSHNIKOV, O. V.; SHABALINA, M. A. "A study of the potential use of entomopathogenic fungi to reduce the population density of phytophagous mites." (Tradução para o inglês) *Agrarian Science*, 2019. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-2-126-129

PICKETT, C.H.; BUGG, R.L.; DUTCHER, J.D. *Enhancing Biological Control: Habitat Management to Promote Natural Enemies of Agricultural Pests*. Berkeley: University of California Press, 2009.

PORADA, P.; WEBER, B.; ELBERT, W.; PÖSCHL, U.; KLEIDON, A.. "Estimating impacts of lichens and bryophytes on global biogeochemical cycles." *Global Biogeochemical Cycles*, 28, 71-85, 2014.

RAMYA, M.; PONMURUGAN, P.; SARAVANAN, D. "Management of *Cephaleuros parasiticaus* Karst (Trentepohliales: Trentepohliaceae), an algal pathogen of tea plant, *Camellia sinsensis* (L) (O. Kuntze)." *Crop Protection*, v. 44, p. 66-74, 2013.

REBELO, J. A.; REBELO, A. M.; SCHALLENBERGER, E. *Calda bordalesa: componentes, obtenção e características*. Florianópolis: Epagri, 2015.

RILEY, D. G. "Economic injury level (EIL) and economic threshold (ET) concepts in pest management." In: CAPINERA, J. E. (ed.). *Encyclopedia of Entomology.* Dordrecht: Springer, 2008. pp. 1282-1286.

RODRIGUES, J. C. V.; MORAES, G. J. de. *Ácaros em Culturas Agrícolas: Estratégias de Manejo e Controle*. Ribeirão Preto: Holos, 2004.

SANTOS, C. F.; CASTRO, H. A. D.; BETTIOL, W.; ANGELI, A. "Sensibilidade in vitro de urediniósporos de *Puccinia psidii* a *Bacillus subtilis*." *Summa Phytopathologica*, v. 24, p. 183-185, 1998.

SANTOS, F. M.; VIERA, L. S.; CAMARGO, D. P.; MUNIZ, M.; COSTA, I. F. D.; GUEDES, Jerson V. C.; SANTOS, J. R.; SILVA, J. C. P. "Integrating a Bacillus-based product with fungicides by foliar application to protect soybean: a sustainable approach to avoid exclusive use of chemicals." *Pest Management Science*. 2022. DOI: 10.1002/ps.7104

SATO, M. E.. "Tecnologia Sustentável: Uso de Ácaros Predadores para o Controle Biológico de Ácaro-rajado." [Apostila] Instituto Biológico, São Paulo: s/d. Disponível em: www.biologico.sp.gov.br/uploads/files/pdf/tecnologia_sustentavel/acaros_predadores.pdf Acessado em fevereiro de 2024.

SCHWARTZ, S. B. *A Formação do Brasil Colonial*. São Paulo: Editora Nova Fronteira, 1988.

SHU, W.. "The Application of Integrated Pest Management in Urban Gardens and Green Spaces." *Journal of Chinese Landscape Architecture*, 2001.

SILVA, H. S. A.; ROMEIRO, R. S.; MACAGNAN, D.. "The role of Pseudomonas spp. in the control of *Puccinia psidii*." *Phytopathology*, 95(3), 300-304, 2005.

SILVA, J. G. *Identidade Nacional e Modernidade Brasileira: O papel das ciências naturais.* São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

SILVA, M. C.; SILVA, L. C.; SALGADO, S. M. L.. "Biological control of fungal plant pathogens using microbial antagonists: Trichoderma, Bacillus, and other promising agents." *Biological Control*, 104, 10-24, 2017.

SINCLAIR, W. A.; LYON, H. H.; JOHNSON, W. T.. *Diseases of Trees and Shrubs*. Cornell University Press, 2005.

SOUZA, A., ROCHA, C. "Biodiversidade e Conservação no Jardim Botânico do Rio de Janeiro." *Ciência e Ambiente*, 21, 123-135, 2010.

TEIXEIRA, M. L. F.. “Projeto de Revitalização das Aleias”. In: OLIVEIRA, A. R.; TEIXEIRA, M. L. F.; REIS, R. (Eds.) *As Palmeiras-imperiais do Jardim Botânico*. Ed. Dantes/JBRJ: Rio de Janeiro, 2009.

VEGA, F. E.; KAYA, H. K.. *Principles of Insect Pathology.* Dordrecht: Springer, 2012.

VERGEL, S. J. N.; BUSTOS, A.; RODRÍGUEZ, C.; CANTOR, R. F. "Laboratory and greenhouse evaluation of the entomopathogenic fungi and garlic–pepper extract on the predatory mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus* and their effect on the spider mite *Tetranychus urticae*." *Biological Control*, v. 57, p. 143-149, 2011.

VLOT, A. C.; DEMPSEY, D. A.; KLESSIG, D. F.. "Salicylic Acid, a multifaceted hormone to combat disease." *Annual Review of Phytopathology*, 2009.

WAKED, D. A.; ELEWEA, M.; BASHA, A.; HENDAWY, M.; SALEH, G. S.. "Dispersal of entomopathogenic fungi, *Metarhizium anisopliae* and its synergistic with predatory mite, *Phytoseiulus macropilis* for controlling *Tetranychus urticae*." Research Square (Pre-print), 2021. DOI: 10.21203/RS.3.RS-193652/V1

WALTERS, D.; RATSEP, J.; HAVIS, N. D.. "Controlling crop diseases using induced resistance: challenges for the future." *Journal of Experimental Botany*, v. 64 (5), March, 1263–1280, 2013. DOI: 10.1093/jxb/ert026

Anexo I: Nível de Dano Tolerável e Estratégias de Controle

Nível de Dano Tolerável
BAIXO: Ação deve ocorrer com emergência (em dias). Identificação laboratorial do patógeno é muito desejável.
MÉDIO: Ação deve ocorrer com urgência (em semanas). Identificação laboratorial do patógeno é desejável.
ALTO: Ação deve ocorrer sem prioridade sobre as demais (em meses). Identificação laboratorial pode ser prescindida.

	Problemas abióticos (nutricionais ou condições de solo)	**Problemas bióticos (insetos e ácaros)**	**Problemas bióticos (fungos foliares)**	**Problemas bióticos (bactérias foliares)**	**Problemas bióticos internos (fungos e bactérias de xilema ou floema)**	**Problemas bióticos (vírus)**	**Problemas bióticos (frutos)**	**Problemas bióticos externos (tronco e ramos)**	**Problemas bióticos (raízes)[1]**
Espécimes raros no mundo (árvores e arbustos)	**MÉDIO** Controle: Depende de análise de solo.	**MÉDIO→ BAIXO** Controle: **Químico**	**ALTO→MÉDIO** Controle: **Biológico / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**BAIXO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Químico contra o vetor / Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**BAIXO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**
Espécimes raros no país (árvores e arbustos)	**MÉDIO** Controle: Depende de análise de solo.	**MÉDIO→ BAIXO** Controle: **Químico**	**ALTO→MÉDIO** Controle: **Biológico / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**BAIXO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Químico contra o vetor / Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**BAIXO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**
Espécimes com valor histórico (árvores)	**MÉDIO** Controle: Depende de análise de solo.	**MÉDIO→ BAIXO** Controle: **Biológico** ou **Químico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**BAIXO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Químico contra o vetor / Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**
Espécimes de importância científica (árvores e arbustos)	**MÉDIO** Controle: Depende de análise de solo.	**MÉDIO→ BAIXO** Controle: **Biológico** ou **Químico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Químico contra o vetor / Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**

Nível de Dano Tolerável
BAIXO: Ação deve ocorrer com emergência (em dias). Identificação laboratorial do patógeno é muito desejável.
MÉDIO: Ação deve ocorrer com urgência (em semanas). Identificação laboratorial do patógeno é desejável.
ALTO: Ação deve ocorrer sem prioridade sobre as demais (em meses). Identificação laboratorial pode ser prescindida.

	Problemas abióticos (nutricionais ou condições de solo)	**Problemas bióticos (insetos e ácaros)**	**Problemas bióticos (fungos foliares)**	**Problemas bióticos (bactérias foliares)**	**Problemas bióticos internos (fungos e bactérias de xilema ou floema)**	**Problemas bióticos (vírus)**	**Problemas bióticos (frutos)**	**Problemas bióticos externos (tronco e ramos)**	**Problemas bióticos (raízes)[1]**
Espécimes emblemáticos para a imagem do arboreto (árvores)	**MÉDIO** Controle: Depende de análise de solo.	**MÉDIO→ BAIXO** Controle: **Biológico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Químico contra o vetor / Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Químico ou biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**
Espécimes de importância educativa ou cultural para os visitantes (árvores)	**ALTO** Controle: Depende de análise de solo.	**ALTO** Controle: **Biológico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência/ Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Biológico contra o vetor / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Elicitor de resistência**
Espécimes substituíveis (árvores e arbustos)	**ALTO** Controle: Depende de análise de solo.	**ALTO** Controle: **Biológico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**MÉDIO** Controle: **Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Biológico contra o vetor / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**
Plantas com função de decoração ou paisagismo (arbustos)	**ALTO** Controle: Depende de análise de solo.	**ALTO** Controle: **Biológico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Biológico contra o vetor / Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Biológico contra o vetor / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**
Espécimes para a cobertura do solo (gramíneas, folhagens)	**ALTO** Controle: Depende de análise de solo.	**ALTO** Controle: **Biológico**	**ALTO** Controle: **Biológico/ Elicitor de resistência**	**ALTO** Controle: **Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Biológico contra o vetor / Planejar a substituição**	**BAIXO (risco de disseminação)** Controle: **Biológico contra o vetor / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**	**ALTO** Controle: **Biológico contra eventual vetor ou patógeno / Planejar a substituição**

1. Nematóides se enquadram nesta categoria, mas não são um problema fitossanitário de destaque observado no JBRJ.