

Jaguariúna, SP / Dezembro, 2024

Endoterapia Vegetal: conceitos e perspectivas

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio Ambiente
Ministério da Agricultura e Pecuária***

e-ISSN 2965-7342

Documentos 139

Dezembro, 2024

Endoterapia Vegetal: conceitos e perspectivas

Jordana Alves Ferreira

Joana Maria Santos Ferreira

Sonia Claudia do Nascimento de Queiroz

***Embrapa Meio Ambiente
Jagariúna, SP
2024***

Embrapa Meio Ambiente
Rodovia Sp 34, Km 127,5,
Tanquinho Velho
www.embrapa.br/meio-ambiente
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Janaina Paula Marques Tanure

Secretário-executivo

Anderson Soares Pereira

Membros

*Janaina Paula Marques Tanure,
Robson Rolland Monticelli Barizon,
Alfredo José Barreto Luiz, Fagoni Fayer
Calegario, Marcos Eliseu Losekann, Vera
Lúcia Ferracini, Victor Paulo Marques
Simão, Julio Ferraz de Queiroz, Márcia
Regina Assalin, Maria de Cléofas Faggion
Alencar e Sônia Cláudia do Nascimento
de Queiroz*

Edição executiva

Janaina Paula Marques Tanure

Revisão de texto

Reinaldo Rodrigues

Normalização bibliográfica

Victor Paulo Marques Simão (CRB-8/5139)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

*Silvana Cristina Teixeira e Elisa Maria de
Souza Freitas*

Fotos da capa

Jordana Alves Ferreira

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio Ambiente

Ferreira, Jordana Alves.

Endoterapia vegetal: conceitos e perspectivas / Jordana Alves Ferreira ... [et al.]. –
Jaguariúna : Embrapa Meio Ambiente, 2024.

PDF (16 p.) : color. il. (Documentos / Embrapa Meio Ambiente, e-ISSN 2965-7342 ;
139).

1. Endoterapia vegetal. 2. Métodos de aplicação. 3. Sistema vascular das árvores. I.
Ferreira, Joana Maria Santos. II. Queiroz, Sonia Cláudia do Nascimento de. Título. III.
Série.

CDD (21. ed.) 632.95

Maria de Cléofas Faggion Alencar (CRB-8/1658)

© 2024 Embrapa

Autores

Jordana Alves Ferreira

Química, doutora em Ciências, bolsista na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

Joana Maria Santos Ferreira

Engenheira-agrônoma, mestre em Entomologia, pesquisadora da Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE

Sonia Claudia do Nascimento de Queiroz

Química, doutora em Ciências, pesquisadora da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP

As autoras agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), projeto 2017/22110-3.

Apresentação

Com a crescente preocupação com a preservação ambiental e a sustentabilidade, as árvores desempenham um papel indispensável no equilíbrio dos biomas. Elas não apenas fornecem alimentos e purificam o ar, mas também contribuem para o controle da temperatura e o ciclo da água, sendo fundamentais para a manutenção da biodiversidade e a saúde dos ecossistemas.

No entanto, as árvores enfrentam ameaças constantes, como pragas e doenças, que comprometem sua longevidade e funcionalidade. Nesse cenário, a endoterapia vegetal surge como uma alternativa inovadora para tratamentos fitossanitários, especialmente em situações onde métodos convencionais, como pulverizações e aplicações no solo, apresentam limitações.

A endoterapia funciona como uma “injeção” direta no sistema vascular das árvores, permitindo que nutrientes e defensivos sejam distribuídos de forma precisa e localizada. Essa abordagem não apenas maximiza a eficiência dos tratamentos, mas também reduz os impactos ambientais negativos frequentemente associados ao uso excessivo de produtos químicos.

Apesar de seus benefícios, a endoterapia vegetal ainda é pouco conhecida no Brasil e enfrenta desafios para sua popularização. Entre os principais obstáculos estão a falta de regulamentação específica, a escassez de equipamentos disponíveis comercialmente e formulações adaptadas às condições brasileiras. Sua implementação deve ser integrada a um manejo agrícola bem planejado,

oferecendo uma abordagem direcionada para o controle de pragas e doenças.

Com a crescente demanda por soluções agrícolas sustentáveis, a endoterapia vegetal oferece um caminho promissor para equilibrar produtividade e preservação ambiental. A técnica é especialmente relevante para culturas frutíferas, florestais e árvores urbanas.

Para explorar todo o potencial da endoterapia, é fundamental investir em pesquisas que definam a frequência ideal de aplicação, os intervalos de tratamento e as formulações específicas para diferentes espécies. A colaboração entre pesquisadores, produtores e empresas de tecnologia é indispensável para atender às demandas do setor agrícola e promover avanços significativos.

A disseminação de informações acessíveis e confiáveis é essencial para ampliar o uso da endoterapia. Este documento esclarece dúvidas, apresenta resultados de pesquisas e demonstra aplicações práticas.

Ao priorizar o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e fomentar o uso responsável dessa técnica, a endoterapia pode se consolidar como uma ferramenta indispensável para a agricultura sustentável e contribuir para o objetivo 2 (ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável) da Agenda 2030. Com novos estudos, treinamentos e políticas públicas adequadas, é possível transformar essa tecnologia em uma solução amplamente adotada, equilibrando a produtividade e o respeito ao meio ambiente.

Ana Paula Contador Packer
Chefe-Geral da Embrapa Meio Ambiente

Sumário

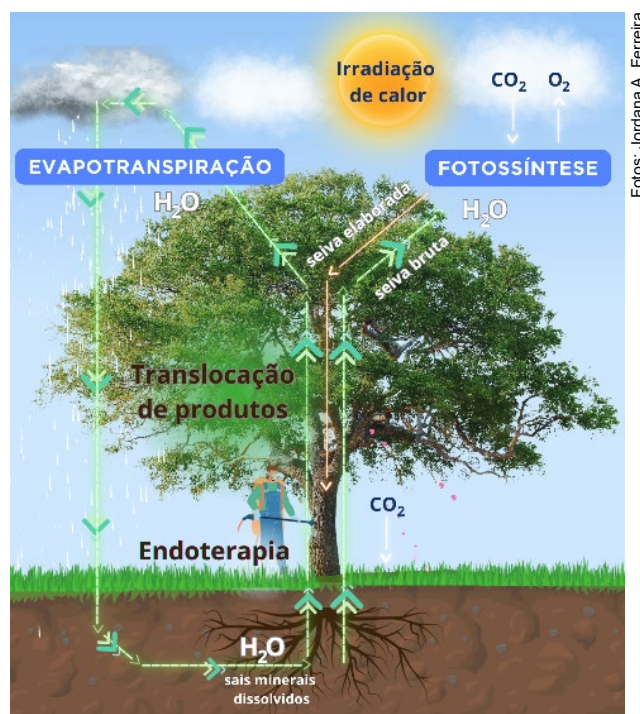
Introdução	7
Classificação das tecnologias endoterápicas	9
Aplicações da endoterapia no tratamento de plantas perenes	9
Avanços recentes e perspectivas na Endoterapia Vegetal	13
Referências	14

Introdução

Diversos métodos são utilizados na agricultura para aplicação de produtos fitossanitários, incluindo pulverização, aplicação no solo e endoterapia vegetal. A eficácia do tratamento está intrinsecamente ligada à espécie da planta, sendo importante considerar sua morfologia e fisiologia para determinar a tecnologia mais adequada a ser empregada. No Brasil, nos Estados Unidos e em países europeus, como Itália e Espanha, o conceito de endoterapia tem ganhado popularidade, tornando-se amplamente reconhecido. A endoterapia vegetal é um sistema de aplicação de soluções líquidas e não viscosas no interior da planta. Trata-se de uma técnica que requer a abertura ou a perfuração no caule/estipe da planta, com o auxílio de uma furadeira ou algum instrumento cortante, permitindo que o produto entre em contato com o sistema vascular. Após este procedimento, a distribuição do produto, que pode incluir agrotóxicos, fertilizantes, reguladores de crescimento e indutores de resistência, ocorre pelo fluxo de transpiração, que gera uma “força de sucção” devido à evaporação da água das folhas. Isso significa que, quando um produto é aplicado, ele “pega carona” no fluxo de seiva (composto por água, sais minerais e pequenas quantidades de outras substâncias orgânicas) que circula pelo caule/estipe, partindo do solo, e é impulsionado até as folhas pela transpiração da planta.

Embora a endoterapia seja mais comumente associada ao xilema, ela também pode ocorrer através do floema. O xilema é eficiente no transporte de substâncias, principalmente água e nutrientes minerais, para partes distantes da planta, como a copa. O floema, por sua vez, é responsável pelo transporte de nutrientes orgânicos, sobretudo açúcares (sacarose), que são produzidos nas folhas (fonte) e distribuídos para outras partes da planta que necessitam de energia ou armazenamento (dreno), como raízes, frutos e partes em crescimento. A translocação pelo xilema é unidirecional, ocorrendo das raízes em direção às folhas, movida pela transpiração e por diferenças de potencial hídrico. Já o transporte no floema é bidirecional e pode acontecer em várias

direções, dependendo da localização das fontes e dos drenos, além das necessidades fisiológicas da planta. O movimento no floema é impulsionado por um gradiente de pressão, gerado pelas diferenças de concentração de solutos, principalmente açúcares, entre as fontes e os drenos. Dependendo da substância, da formulação desenvolvida e da técnica utilizada, a endoterapia pode ser direcionada para atuar tanto no xilema quanto no floema, potencializando a eficiência do tratamento de acordo com o objetivo específico, seja o controle de pragas, doenças ou a suplementação nutricional. Aplicar produtos diretamente no floema pode ser mais desafiador em comparação ao xilema, devido à sua complexidade e ao acesso mais difícil, principalmente nas dicotiledôneas. Desta forma, em estações mais quentes, os resultados dos tratamentos são mais eficientes devido à relação da translocação-transpiração estar diretamente relacionada (Scortichini et al., 2021; Li; Nangong, 2022; Ferreira et al., 2024), como ilustra a Figura 1.



Fotos: Jordana A. Ferreira

Figura 1. Esquema da translocação dos produtos aplicados por endoterapia em plantas sinalizados na figura com as setas verdes, e seu retorno após a fotossíntese, representados com as setas laranjas.

A endoterapia vegetal funciona devido à translocação das soluções aplicadas nos caules/estipes e distribuídas por toda a planta. Mas que fator seria a força motriz deste fenômeno? A principal é a radiação solar, que, em contato com as folhas das árvores, estimula a evapotranspiração, que é a perda de água do solo por evaporação, e a transpiração, que é a perda de água da planta através dos estômatos. A evapotranspiração provém desses dois processos, que ocorrem simultaneamente e precisam ser igualmente mensurados. À medida que a água é perdida pelos estômatos, ocorre uma diminuição da pressão nos espaços aéreos das folhas, criando uma pressão negativa ou tensão na coluna de água dentro dos vasos do xilema (Berger; Laurent, 2019). Essa pressão negativa ou tensão é transmitida às moléculas de água nas células do xilema, formando uma coluna contínua de água desde as raízes até as folhas, ou seja, cria uma força de sucção que puxa a seiva bruta das raízes para cima. Estrategicamente, 90% das plantas seguem um padrão matemático conhecido como sequência de Fibonacci, buscando uma melhor exposição solar com a distribuição dos galhos de forma a obter a melhor superfície de contato das folhas, fazendo com que estas funcionem como “bombas de sucção”, permitindo que, dependendo do tamanho da planta, milhares de litros de água sejam sugados, translocados e evaporados diariamente por elas (Ferreira et al., 2022b). Assim, ao avaliar os aspectos naturais e os processos de tratamento com intervenção nas plantas, destaca-se a necessidade de abordagens estratégicas e cuidados específicos para otimizar seu crescimento e vitalidade (Minarova, 2014). Considerando a aplicação específica no caule/estipe da planta, juntamente com a escolha cuidadosa do método endoterápico e a atenção ao estágio de vitalidade/sanidade da planta, a eficiência do tratamento é diretamente influenciada pela formulação dos produtos. Além da radiação solar, outros fatores importantes e precisos estimulam a transpiração e devem ser considerados na escolha do uso da técnica endoterápica, a exemplo da temperatura, umidade atmosférica, ventos e a condição e disponibilidade de água do solo (Tomlinson; Huggett, 2012; Berger; Laurent, 2019; Ferreira et al., 2023a).

A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas convertem energia luminosa em energia química em suas folhas, onde ocorre a síntese dos compostos orgânicos que são translocados pela seiva elaborada, através de um processo ativo, que requer energia para empurrar os produtos da fotossíntese através das células do floema para partes não-fotossintetizáveis. A capacidade de uma substância aplicada

por endoterapia ser translocada pelo floema depende de suas propriedades químicas, formulação dos produtos, e da interação com os processos de transporte nas células do floema o que ocorre em diferentes direções conforme os requisitos da planta (Taiz; Zeiger, 2002; Ferry; Gomez, 2014).

Mas, que informações sobre a anatomia, morfologia e fisiologia da planta influenciam na eficiência do tratamento endoterápico? Como se sabe, as espécies de plantas têm características únicas que as distinguem anatômica, morfológica e fisiologicamente umas das outras. Essas características estão relacionadas à estrutura interna, forma externa e funcionamento das plantas. Resumidamente, a anatomia das plantas refere-se à estrutura interna das diferentes partes das plantas, como raízes, caules, folhas, flores e frutos. Por exemplo, a estrutura das células do xilema e floema, a presença ou ausência de tecidos de suporte, a densidade dos estômatos nas folhas, entre outros, varia entre as espécies. A morfologia das plantas diz respeito à sua forma externa, tamanho, organização e disposição das suas diferentes partes e pode variar amplamente entre as espécies influenciada por fatores genéticos e ambientais. A fisiologia das plantas envolve o estudo dos processos e mecanismos que ocorrem no interior das plantas para realização das suas funções vitais, como fotossíntese, transpiração, absorção de nutrientes e reprodução. Essas são características fundamentais para a compreensão de como as plantas se desenvolvem, crescem e respondem ao ambiente ao seu redor. O estudo desses aspectos ajuda na identificação e classificação das espécies de plantas, a entender suas diferentes adaptações e interações com o meio ambiente, assim como ajuda a desenvolver a melhor estratégia endoterápica de tratamento (Taiz; Zeiger, 2002; Montecchio, 2013).

Cada planta tem um sistema vascular diferente, características essas que podem demandar ajustes ou desenvolvimento específico do equipamento de aplicação e/ou da técnica endoterápica a ser utilizada (Taiz; Zeiger, 2002). A tecnologia de aplicação utilizada no coqueiro (*Cocos nucifera*) pode exigir ajustes para outra palmeira como o *Sabal palmetto* (espécie nativa da Flórida, EUA), que tem um estipe com aspecto esponjoso, ou um jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), que tem um estipe muito denso. Também a técnica usada para uma palmeira pode não funcionar para uma laranjeira, macieira ou abacateiro. Mudanças ou ajustes na técnica, no equipamento de aplicação e nas formulações utilizadas serão sempre exigidos para se obter o sucesso desejado de controle através do uso da endoterapia.

Classificações das tecnologias endoterápicas

A endoterapia vegetal se traduz em ações destinadas a melhorar o desenvolvimento das plantas de dentro para fora. Essas ações buscam otimizar a adsorção/dessorção e a utilização de substâncias benéficas pelas plantas, proporcionando tratamentos mais direcionados e eficazes. O termo endoterapia vegetal difere da expressão mais comum nos Estados Unidos, conhecida como 'injeção no tronco' (*trunk injection* ou *tree injection*), a qual se refere à execução genérica técnica do procedimento, e não ao tratamento como um todo.

Com base nas tecnologias existentes, a endoterapia pode ser classificada de acordo com diferentes critérios ou abordagens, como descritos a seguir (Ferreira et al., 2023a):

(a) **abertura de tronco:** representa a indicação do instrumento utilizado para abrir o caule/estipe, como furadeira ou lâmina;

(b) **método de interface:** indica se o método utilizou ou não um sistema para vedação e manutenção da pressão durante a aplicação no tratamento como os plugs. O plug é um dispositivo de interface instalado no tronco da planta para tratamentos pressurizados ou não, permitindo a injeção de substâncias diretamente no sistema vascular da planta. Sua função é, além de facilitar a introdução controlada e eficiente dos produtos, assegurar sua adequada aplicação para que não haja vazamentos ou exposição do produto aplicado;

(c) **método de injeção:** é a parte mais importante da endoterapia, pois indica se a técnica fez o uso de pressão ou não durante a aplicação dos produtos. As técnicas pressurizadas podem ser subdivididas em: (1) pressão variada, quando o equipamento pode alterar a pressão do sistema e pode ser subdividida em fluxo descontínuo ou fluxo contínuo, quando se pode alterar o volume/a pressão do sistema, e (2) pressão constante: quando o sistema mantém a pressão até o final da aplicação dos produtos. Já as técnicas despressurizadas são subdivididas em: (1) uso de um acessório permanente no estipe como canos/cateter, e (2) gravidade: após a abertura do caule/estipe, os produtos escoam por gravidade através de acessórios e tubos instalados usando recipientes como galões ou bags contendo a solução acima do ponto de aplicação.

No início da introdução dos conceitos endoterápicos no Brasil, devido à ausência de uma classificação precisa, a endoterapia pressurizada era equivocadamente conceituada como infusão, enquanto para a endoterapia despressurizada o termo

utilizado era injeção. O uso do termo infusão na endoterapia é inadequado e pode gerar confusão, pois remete ao processo de infusão intravenosa no corpo humano/animal. Na medicina, o líquido é introduzido nas veias utilizando a gravidade para rápida distribuição no corpo. Na endoterapia vegetal, a aplicação sem pressão externa faz com que o produto não seja forçado ativamente pelo sistema vascular da planta. Isso pode sugerir, erroneamente, que o método de injeção despressurizado é eficaz, quando na verdade a falta de pressão controlada compromete a distribuição do produto na planta, ficando retido próximo ao ponto de aplicação, assim como injeção se refere ao método de aplicação, podendo ser pressurizado ou despressurizado. Por isso, é importante destacar que, atualmente, os termos "injeção" e "infusão" não são mais considerados usuais em endoterapia (Ferreira, 2016; Moura et al., 2019, 2023; Ferreira et al., 2023a).

(d) **volume de aplicação:** - macroinfusão/injeção: contendo volumes de aplicação acima de 15 mL; e - microinfusão/injeção: contendo volumes de aplicação abaixo de 15 mL.

Aplicações da endoterapia no tratamento de plantas perenes

A endoterapia vegetal vem apresentando resultados satisfatórios em países europeus como Itália, Espanha, e nos Estados Unidos com estudos publicados no controle de doenças e pragas em plantas de espécies perenes como: arbóreas, florestais, urbanas, ornamentais, frutíferas e coníferas. No cenário brasileiro, a endoterapia encontra-se ainda em fase de estudo e testes, sem a adoção oficial deste método de aplicação regulamentada pelo Ministério da Agricultura, o qual ainda não estabeleceu intervalos de aplicação e dosagens específicas para as culturas.

A aplicação da endoterapia tem se mostrado viável em diversas espécies de plantas perenes, desde que estejam em estágio vegetativo desenvolvido e apresentem um caule/estipe capaz de suportar a abertura de portas para a aplicação de produtos. Na classificação botânica das plantas perenes, há dois grupos principais conhecidos como angiospermas e gimnospermas, com espécies propícias ao uso da endoterapia. Esses grupos de plantas incluem diversas espécies que apresentam longevidade e estratégias de sobrevivência que lhes permitem crescer, reproduzir e sobreviver por vários anos. Ainda podem passar por períodos de dormência durante o inverno ou períodos de seca e

retomar o crescimento e a reprodução quando as condições ambientais se tornam favoráveis (Taiz; Zeiger, 2002). Essas informações são importantes para saber a melhor época/estação do ano para o tratamento, assim como compreender o tipo de aplicação e instrumentação adequada para se ter a eficiência do tratamento. As angiospermas podem ser divididas em dois grupos principais: monocotiledôneas, citando como principais espécies o coqueiro (*Cocos nucifera*), o dendezeiro (*Elaeis guineenses*), a palmeira-das-canárias (*Phoenix canariensis*), a palmeira-imperial (*Roystonea oleracea*), entre outras; e dicotiledôneas, por exemplo a maçã (*Malus domestica*), a laranja (*Citrus spp.*), o carvalho-cerrado (*Quercus cerris*), entre outras. Exemplos comuns de gimnospermas incluem pinheiros, ciprestes, abetos e cicadáceas.

Recentes trabalhos de pesquisas vêm sendo realizados utilizando tratamentos endoterápicos em árvores perenes, ornamentais, frutíferas, principalmente no manejo de doenças e pragas. Nas angiospermas, dentre o grupo das arbóreas, florestais e urbanas, destacam-se: castanheiro-da-índia (*Aesculus hippocastanum*) (Gubka et al., 2020); sobreiro (*Quercus suber*) (Romero et al., 2019; González et al., 2020); freixo-americano (*Fraxinus pennsylvanica*) (McCullough et al., 2019); e algodão-americano (*Populus deltoides*) (Contreras-Ruiz et al., 2018). No grupo das árvores ornamentais, destacam-se: cerejeiras-japonesas (*Prunus serrulata*) (Yamamoto et al., 2022); tabaco-selvagem (*Nicotiana benthamiana*) (Baró et al., 2022); palmeira-das-canárias (*Phoenix canariensis*) (Chihaoui-Meridja et al., 2020). Já no grupo das frutíferas, muitos trabalhos endoterápicos foram estudados destacando-se: videira (*Vitis vinifera*) (García-Martínez et al., 2021; Sánchez-Hernández et al., 2022); citrus (*Citrus spp.*) (Hopkin; Ager, 2021; Yao et al., 2021); coqueiro (*Cocos nucifera* Linn) (Ferreira et al., 2020, 2022b, 2024); macieira (*M. Domestica*) (Abbasi et al., 2019; Wise et al., 2022). Nas gimnospermas, destaca-se o grupo das coníferas e de árvores como pinheiro-manso (*Pinus pinea*) (Di Sora et al., 2022); pinheiro-vermelho-japonês (*Pinus densiflora*) (Jeon et al., 2022); pinheiro-preto-japonês (*Pinus thunbergii*) (Lee et al., 2020). Toda a parte dos tratamentos endoterápicos citados acima foram abordados no artigo de revisão proposto por Ferreira et al. (2023a). Entretanto, dois exemplos práticos de tratamentos endoterápicos realizados no Brasil e publicados em revistas da área serão discutidos abaixo.

No cenário brasileiro, algumas pesquisas relacionadas à endoterapia em coqueiros têm sido

conduzidas, contribuindo para a resolução de inúmeras questões. Um estudo realizado por Ferreira et al. (2022b) concentrou-se no desenvolvimento de métodos analíticos para investigar a translocação de ciproconazol, utilizando um fungicida comercial, empregando duas abordagens distintas de injeção: pressurizada e despressurizada. A Figura 2 mostra os dois métodos de aplicações endoterápicos utilizados neste trabalho em coqueiros.



Fotos: Jordana A. Ferreira

Figura 2. Aplicações endoterápicas em coqueiro. (A) Pressurizado, usando o equipamento endoterápico comercial que utiliza sistema de aplicação com lâmina sob pressão manual no êmbolo da seringa; (B) Despressurizado, aplicação de ciproconazol com o auxílio de uma seringa.

Fonte: Ferreira (2016).

No método pressurizado, utilizou-se um equipamento endoterápico comercial que utiliza sistema de aplicação com lâmina para a aplicação de 10 mL do produto sob pressão manual, enquanto na abordagem despressurizada, um único orifício foi criado por meio de uma furadeira, sendo aplicados 20 mL com o auxílio de uma seringa comercial. No método pressurizado, o produto era forçado a entrar no estipe do coqueiro através da lâmina introduzida no estipe mediante a aplicação de muita força exercida no êmbolo da seringa. No método despressurizado, após o furo realizado com a furadeira, o produto era inserido no estipe, e a seringa, usada apenas como um dosador de volume da formulação. Após a aplicação das soluções, a translocação foi avaliada em pontos acima da aplicação, analisando a concentração do fungicida por meio da coleta de estipe em intervalos de 2, 15, 30 e 45 dias após as aplicações. Adicionalmente, foram colhidos frutos nos períodos de 45, 90 e 120 dias após os tratamentos. Apesar da menor quantidade de produto aplicada na técnica pressurizada, os resultados demonstraram-se superiores em termos de concentração e rapidez quando comparados à técnica despressurizada. Observou-se também que, na técnica despressurizada, grande parte do produto aplicado permaneceu próxima à área de aplicação. Além disso, nas análises dos frutos, constatou-se a ausência

de resíduos nos frutos do coqueiro em 45, 90 e 120 dias após os tratamentos em ambas as técnicas. Embora os resultados no método pressurizado sejam superiores aos do despressurizado, o equipamento utilizado nesse método não se mostrou uma boa opção dentre os disponíveis comercialmente devido às dificuldades nos manuseios durante a aplicação dos produtos. O equipamento comercial com lâmina utilizado como técnica pressurizada apresentou consideráveis dificuldades na inserção da lâmina no estipe, além de exigir um esforço significativo para a aplicação do produto, que só foi possível mediante a aplicação de força manual humana intensa no êmbolo da seringa. Contudo, no mercado endoterápico, tem surgido outras alternativas de equipamentos pressurizados, como sistemas de ar comprimido em recipientes de armazenamento, molas e cápsulas pressurizadas, entre outras, que são mais fáceis de serem utilizados. Enquanto isso, o método despressurizado revelou-se desvantajoso para a aplicação de produtos por endoterapia devido à ineficiência na translocação, resultando na concentração dos produtos próximo ao ponto de aplicação e na abertura do estipe, que ocasionou feridas irreversíveis com uma área necrosada considerável após os tratamentos, como ilustra a Figura 3, mostrando a importância de considerar a abertura do caule/estipe nos tratamentos endoterápicos.

Fotos: Jordana A. Ferreira



Figura 3. Tratamento endoterápico despressurizado no estipe do coqueiro. Situação do estipe cinco anos após as aplicações.

Fonte: Ferreira et al. (2024).

Um estudo adicional, conduzido por Ferreira et al. (2022a), investigou a eficácia do tratamento endoterápico pressurizado em coqueiros para o controle de lagartas *Brassolis sophorae*.

Formulações contendo azadiractina e abamectina foram empregadas nos dois tratamentos, ambos demonstrando eficiência no controle das lagartas em coqueiros com aproximadamente 10 metros de altura. A avaliação da presença dos inseticidas nas folhas e nos frutos revelou a presença de resíduos de abamectina nas folhas, enquanto nenhum resíduo foi detectado nos frutos do coqueiro utilizando a metodologia desenvolvida e validada neste trabalho. Esses resultados destacam uma superioridade em relação ao método tradicional de pulverização. A Figura 4 apresenta uma área infestada pelas lagartas *Brassolis sophorae* sem tratamento endoterápico. E a Figura 5 exhibe os resultados das lagartas após a aplicação do tratamento endoterápico pressurizado, realizada entre quatro e cinco dias, utilizando formulações contendo azadiractina e abamectina, conforme os estudos propostos por Ferreira et al. (2022a).



Fotos: Amaury Alves

Figura 4. Coqueiros destacam-se com a presença da lagarta *Brassolis sophorae*. Suas larvas formam ninhos nas folhas (A), resultando em uma infestação notável que toma conta da área (B).



Fotos: Gerson Moraes

Figura 5. Tratamento endoterápico pressurizado com azadiractina e abamectina para controle de lagartas *Brassolis sophorae* em área específica. Ninhos de lagartas *Brassolis sophorae* (A). Após quatro dias, o resultado indicou que todas as lagartas estavam mortas há pouco tempo, sugerindo que o período desde a morte era recente. (B) Cinco dias pós-tratamento, em estágio de decomposição.

Uma pesquisa conduzida em 2022 na Universidade da Flórida (EUA), utilizando o mesmo equipamento endoterápico proposto por Ferreira e colaboradores (Ferreira et al., 2022b), embora ainda não publicada¹, investigou formulações à base de um antibiótico comercial em *Sabal palmetto*, uma espécie nativa dos EUA. Os resultados evidenciaram avanços significativos no controle do fitoplasma "*Candidatus Phytoplasma aculeata*", que provoca a doença "bronzamento letal", com a recuperação destas plantas infectadas como em palmeiras saudáveis quando empregado como tratamento preventivo. Pelo fato de ser considerado um estudo preliminar, avaliações adicionais são necessárias para determinar as dosagens ideais e os intervalos de repetição dos tratamentos, especialmente em plantas nos estágios intermediário e avançado da doença. Uma investigação mais aprofundada poderá oferecer respostas mais conclusivas, mas até o momento, os resultados obtidos foram promissores. A avaliação da redução na concentração de fitoplasma foi realizada por meio de análise de reação em cadeia da polimerase em tempo real, qPCR. A endoterapia utiliza a aplicação direta de substâncias no sistema vascular das plantas para combater doenças/pragas e estresses. Para avaliar a eficácia dessa técnica, realizamos um monitoramento das palmeiras utilizando cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) para analisar os voláteis das folhas verdes. Essa análise permitiu identificar plantas infectadas ou estressadas, que liberaram compostos voláteis com altas concentrações de substâncias marcadoras específicas. Plantas ameaçadas, mas não infectadas, liberaram uma composição diferente de voláteis, enquanto plantas saudáveis não liberaram quantidades significativas de voláteis. Essas condições de análise foram baseadas no método proposto por Ferreira et al. (2023b). Esses resultados permitirão a implementação de tratamentos adequados por meio da endoterapia pressurizada e monitoramento por qPCR e GC-MS. Além disso, o tratamento endoterápico com as formulações nessas palmeiras não demonstraram efeitos fitotóxicos nas plantas tratadas. A Figura 6A apresenta a palmeira recuperada 217 dias após o tratamento

endoterápico sem a reincidência de fitoplasma/doença. E a Figura 6B mostra uma das áreas experimentais da Universidade da Flórida com *Sabal palmetto* em vários estágios da doença "bronzamento letal", incluindo as palmeiras sem a copa e completamente mortas pelo fitoplasma.



Fotos: Jordana A. Ferreira

Figura 6. Área experimental da Universidade da Flórida contendo palmeiras *Sabal palmetto*². (A) Tratamento endoterápico pressurizado realizado para controle do fitoplasma. A seta indica a planta e o local de aplicação do antibiótico. (B) Área contendo as palmeiras em vários estágios da doença "bronzamento letal".

A endoterapia vegetal torna-se mais prática e funcional ao ser empregada em plantas perenes, como: arbóreas, florestais, urbanas, ornamentais, frutíferas e coníferas, ou seja, em plantas cujo ciclo de vida é longo. Pode ser uma ferramenta importante por ajudar no controle/manejo, aumentando significativamente a expectativa de vida das árvores (Berger; Laurent, 2019). Essa questão é uma grande preocupação para os diversos atores da sociedade envolvidos na conservação de plantas perenes devido ao longo período necessário para o crescimento e desenvolvimento. A perda dessas árvores, que leva anos para atingir sua plenitude, pode ter impactos negativos significativos nos aspectos econômicos, sociais e ambientais. Em função disso, é essencial o manejo e controle nos casos de doenças e pragas quando os tratamentos convencionais, como a pulverização e uso de produtos no solo, não são eficientes e a medida adotada é a eliminação das plantas. A eliminação das plantas pode representar perda na biodiversidade, erosões no solo, alterações no ciclo hidrológico, mudanças no clima local, impacto na saúde humana (ex.: filtrar a poluição

¹ Estudo realizado por Jordana Alves Ferreira, bolsista (pós-doutorado – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, durante intercâmbio financiado pela Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE/Fapesp), na Universidade da Flórida (Davie, EUA), de 1º/12/2021 a 1º/12/2022.

² Imagens capturadas por Jordana Alves Ferreira, bolsista (pós-doutorado – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, SP, durante intercâmbio financiado pela Bolsa Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE/Fapesp), na Universidade da Flórida (Davie, EUA), de 1º/12/2021 a 1º/12/2022.

do ar, reduzindo a concentração de poluentes e melhorando a qualidade do ar; diminuição das ilhas de calor), e para os agricultores, o impacto econômico (Berger; Laurent, 2019; Di Sora et al., 2022; Ferreira et al., 2023a).

Diante da importância e princípio de funcionamento da endoterapia, esta técnica apresenta algumas vantagens sobre os tratamentos convencionais, como: a) ser mais seguro para o aplicador quando utilizada em conjunto com os equipamentos de proteção individual (EPIs) - dependendo do método de aplicação, a formulação/o produto ou calda de aplicação não deve entrar em contato com o aplicador; b) atingir o alvo com menos perdas e reduzir a contaminação ambiental (dispersão e lixiviação); c) evitar o contato do produto com a água da chuva ou sua degradação por raios UV; d) evitar o uso de equipamentos adicionais para alcançar as folhas, que dependendo da cultura podem atingir mais de 10 m de altura; e) o tratamento pode ser localizado, mais persistente e ter baixo consumo de água, podendo com isso reduzir os riscos à saúde humana e à fauna (Doccola; Wild, 2004; Montecchio, 2013; Wise et al., 2014; Berger; Laurent, 2019). Entretanto, também há desvantagens e limitações por ser um tratamento invasivo; pelo desconhecimento existente quanto à duração e intervalos de aplicação e às poucas formulações disponíveis. Adicionalmente, exige o tratamento em cada planta através da perfuração do caule/estipe e o aplicador necessita de treinamento para evitar lesões na planta, como embolia, fitotoxicidade e necrose.

Por ser uma técnica experimental, ainda é essencial monitorar resíduos de agrotóxicos nas diversas partes da planta, incluindo frutos e flores, para garantir a segurança para os consumidores e para os polinizadores.

Avanços recentes e perspectivas na Endoterapia Vegetal

Agências como o departamento de agricultura dos Estados Unidos, do inglês *United States Department of Agriculture* (USDA), priorizam aplicações de projeto para programas emergenciais de citros usando propostas que contemplam tratamentos endoterápicos para soluções no controle da doença Huanglongbing (HLB)/greening. Ainda, enfatizam que o tratamento foliar não vem sendo satisfatórios e sugerem soluções/tratamentos que tenham acesso no floema para controle da infecção sistêmica do *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) (Estados Unidos, 2023).

Os avanços metodológicos nas técnicas laboratoriais e maior conhecimento científico proporcionaram uma compreensão mais profunda dos sistemas físicos, químicos e biológicos envolvidos na endoterapia vegetal. Essa evolução vem possibilitando avanços significativos em diversas áreas, desde o desenvolvimento de novos equipamentos de aplicação, novas bio/formulações, até novas avaliações para confirmação da eficiência dos tratamentos endoterápicos.

Nas análises químicas, por exemplo, as técnicas tradicionais têm sido aprimoradas e complementadas por técnicas mais avançadas, como a cromatografia acoplada à espectrometria de massas de alta resolução (Ferreira et al., 2022a). Essas tecnologias permitem a identificação e quantificação precisas e exatas de compostos químicos em amostras complexas. Na endoterapia, pode-se, por exemplo, verificar a concentração de produtos agrícolas em diferentes partes da planta e provar a sua translocação, assim como determinar se os produtos de consumo (frutos ou outra parte da planta) estão com limites máximos de resíduos (LMR) dentro dos estabelecidos pelos órgãos reguladores para determinada cultura (Ferreira et al., 2022a, 2022b). Nas análises biológicas, os avanços têm sido igualmente notáveis. A biologia molecular tem experimentado um progresso significativo com o desenvolvimento de técnicas como a reação em cadeia da polimerase (PCR) e o sequenciamento de DNA. Essas análises podem auxiliar a compreensão se o tratamento endoterápico está sendo eficiente; por exemplo, se houve a diminuição na concentração de uma bactéria que está na planta (Hopkins; Ager, 2021). Também a aplicação de qPCR pode ser uma ferramenta valiosa para avaliar, por exemplo, a eficácia do tratamento contra o fitoplasma. No estudo conduzido na Flórida, citado acima, ainda não publicado, amostras do estipe da palmeira *Sabal palmetto* foram coletadas, tanto acima quanto abaixo do ponto de aplicação, e posteriormente submetidas à análise de qPCR para avaliar a concentração de fitoplasma, proporcionando uma análise criteriosa dos resultados obtidos com o tratamento endoterápico aplicado.

Atualmente, a integração de tecnologias como inteligência artificial e aprendizado de máquina (*machine learning*) poderá impulsionar a evolução dessas análises químicas e biológicas. Essas técnicas permitem a análise e a interpretação de grandes conjuntos de dados, acelerando a descoberta de novas substâncias químicas para o desenvolvimento de formulações e os melhores tratamentos endoterápicos.

Com o avanço da transformação digital, aplicações robóticas e inteligência artificial por meio de sensores e a automatização de ferramentas, espera-se para os próximos anos que essas tecnologias possam minimizar longas horas de trabalho repetitivo e exaustivo no campo e que outras tecnologias, a exemplo da detecção de resíduos e das análises moleculares, possam ser realizadas no local (*in-situ*), em tempo real, sem a necessidade de coleta de amostras e análises exaustivas e caras nos laboratórios. Outro grande avanço almejado é a padronização de metodologias e de protocolos seguros para os tratamentos associado a formulações mais seguras e sustentáveis, substituindo o uso de antibióticos e agrotóxicos sintéticos, e o desenvolvimento de um setor que possa igualmente ampliar a fabricação e uso de novas formulações/bioformulações obtidas através da nanotecnologia. Embora o mercado mundial da endoterapia ainda seja pequeno, é aguardado que esta área se expanda nos próximos anos na agricultura com maiores investimentos, e que a técnica seja reconhecida por órgãos governamentais com leis e políticas públicas que estabeleçam com segurança dosagens, intervalos de aplicações, carências ou intervalos de segurança e formulações apropriadas para culturas socioeconomicamente importantes.

Com a modernização da tecnologia endoterápica, espera-se disponibilizar no mercado métodos de aplicação menos invasivos e mais precisos, a exemplo de métodos pressurizados, que além de utilizarem menos produto na aplicação, ainda forneçam resultados mais rápidos que nos métodos despressurizados (Ferreira et al., 2022b).

Todos esses avanços, científicos e tecnológicos, esperados para a endoterapia nos próximos anos são perspectivas que conduzirão ao desenvolvimento de novas áreas de pesquisa, a geração de empregos à medida que novas indústrias se estabelecem, a demanda por profissionais altamente qualificados em diversas áreas, a economia de tempo, energia e água, a redução de custos, e maior produtividade, além de proporcionar uma série de benefícios sociais, econômicos e ambientais, contribuindo para uma agricultura mais sustentável. Desta forma, novas descobertas e tecnologias irão abrir caminhos para a exploração de novas áreas do conhecimento e o aprofundamento em questões científicas ainda não resolvidas, impulsionando a colaboração entre áreas interdisciplinares. É importante promover investimentos e apoio contínuo à ciência para que esses benefícios sejam alcançados.

Referências

- ABBASI, P. A.; ALI, S.; BRAUN, G; BEVIS, E.; FILLMORE, S. Reducing apple scab and frog-eye or black rot infections with salicylic acid or its analogue on field-established apple trees. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 41, n. 3, p. 345-354, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/07060661.2019.1610070>.
- BARÓ, A.; SILDARELLI, P.; SAPONARI, M.; MONTESINOS, E.; MONTESINOS, L. *Nicotiana benthamiana* as a model plant host for *Xylella fastidiosa*: Control of infections by transient expression and endotherapy with a bifunctional peptide. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1061463>.
- BERGER, C.; LAURENT, F. Trunk injection of plant protection products to protect trees from pests and diseases. **Crop Protection**, v. 124, p. 1-9, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.05.025>.
- CHIAHOUI-MERIDJA, S.; HARBI, A.; ABBES, K.; CHAABANE, H.; LA PERGOLA, A.; CHERMITI, B.; SUMA, P. Systematicity, persistence and efficacy of selected insecticides used in endotherapy to control the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) on *Phoenix canariensis*. **Phytoparasitica**, v. 48, p. 75-85, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12600-019-00776-5>.
- CONTRERAS-RUIZ, C.; ALVARADO-ROSALES, D.; CIBRIÁN-TOVAR, D.; VALDOVINOS-PONCE, G. Chemical control with ethephon (2-chloroethylphosphonic acid) of the true mistletoe *Struthanthus interruptus* (KUNTH) G. DON. **Agrociencia**, v. 52, n. 5, p. 741-755, 2018.
- DI SORA, N.; ROSSINI, L.; CONTARINI, M. CHIAROT, E.; SPERANZA, S. Endotherapeutic treatment to control *Toumeyella parvicornis* Cockerell infestations on *Pinus pinea* L. **Pest Management Science**, v. 78, n. 6, p. 2443-2448, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6876>.
- DOCCOLA, J. J.; WILD, P. M. Tree injection as an alternative method of insecticide application. In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. (ed.). **Insecticides: basic and other applications**. Croatia: InTech, 2004. p. 74-91.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Emergency Citrus Disease Research and Extension Program**. Disponível em: <https://www.nifa.usda.gov/grants/programs/emergency-citrus-disease-research-extension-program>. Acesso em: 23 jul. 2023.

FERREIRA, J. A. **Desenvolvimento de métodos analíticos para determinação de agrotóxicos em estipe de coqueiro (*Cocos nucifera* Linn.), água-de-coco e albúmen sólido por UHPLC-MS/MS e avaliação da translocação por endoterapia.**

2016. 242 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FERREIRA, J. A.; ALMEIDA, G. B.; LINS, P. M. P.; TAVARES, M. M.; FARIAS, S. C. C.; QUEIROZ, S. C. N. Study of insecticide translocation in coconut palm trees after using pressurized endotherapy. **Analytical Methods**, v. 14, n. 46, p. 4851-4860, 2022a. DOI: <https://doi.org/10.1039/d2ay01328b>.

FERREIRA, J. A.; ESPARRAGUERA, L. B.; QUEIROZ, S. C. N.; BOTTOLI, C. B. G. Vegetative endotherapy-advances, perspectives, and challenges. **Agriculture**, v. 13, p. 1465, 2023a. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13071465>.

FERREIRA, J. A.; FASSONI, A. C.; FERREIRA, J. M. S.; LINS, P. M. P.; BOTTOLI, C. B. G. Cyproconazole translocation in coconut palm tree using vegetative endotherapy: evaluation by LC-MS/MS and mathematical modeling. **Horticulturae**, v. 8, n. 12, p. 1099, 2022b. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121099>.

FERREIRA, J. A.; FERREIRA, J. M. S.; MAIA, A. D. H. N.; LINS, P. M. P.; BOTTOLI, C. B. G. Pesticide translocation using nonpressurized and pressurized endotherapeutic treatments in coconut palms. **Horticulturae**, v. 10, n. 4, p. 386, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10040386>.

FERREIRA, J. A.; FERREIRA, J. M. S.; TALAMINI, V.; LINS, P. M. P.; FARIAS, S. C. C.; BOTTOLI, C. B. G. Translocation of pesticides in coconut palm by endotherapy with the addition of different adjuvants. **Ciência e Natura**, v. 42, p. 1-8, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5902/2179460X34353>.

FERREIRA, J. A.; RAMOS, J. A.; DUTRA, D. R. C. S.; DI LELLA, B.; HELMICK, E. E.; QUEIROZ, S. C. N.; BAHDER, B. W. Identification of green-leaf volatiles released from cabbage palms (*Sabal palmetto*) infected with the lethal bronzing phytoplasma. **Plants**, v. 12, n. 11, p. 2164, 2023b. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12112164>.

FERRY, M.; GOMEZ, S. Assessment of risks and potential of injection techniques in integrated programs to eradicate the red palm weevil: review and new perspectives. **Fruits**, v. 69, n. 2, p. 143-157, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1051/fruits/2014005>.

GARCÍA-MARTÍNEZ, M. M.; CAMPAYO, A.; MORATALLA-LÓPEZ, N.; DE LA HOZ, K. S.; ALONSO, G. L.; SALINAS, M. R. Ozonated water applied in grapevines is a new agronomic practice that affects the chemical quality of wines. **European Food Research and Technology**, v. 247, n. 6, p. 1869-1882, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03753-7>.

GONZÁLEZ, M.; ROMERO, M. Á.; SERRANO, M. S.; SÁNCHEZ, M. E. Fosetyl-aluminium injection controls root rot disease affecting *Quercus suber* in southern Spain. **European Journal of Plant Pathology**, v. 156, p. 101-109, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01865-1>.

GUBKA, A.; ZUBRIK, M.; RELL, S.; GAREAU, N.; GOBLE, T.; NIKOLOV, C.; GALKO, J.; VAKULA, J.; KUNCA, A.; DEJONGE, R. The effectiveness of the neem product TreeAzin® in controlling *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae: Lithocolletinae). **European Journal of Entomology**, v. 117, p. 463-473, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14411/EJE.2020.049>.

HOPKINS, D. L.; AGER, K. L. Biological control of citrus Huanglongbing with eb92-1, a benign strain of *Xylella fastidiosa*. **Plant Disease**, v. 105, n. 10, p. 2914-2918, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-21-0362-RE>.

JEON, H. W.; PARK, A. R.; SUNG, M.; KIM, N.; MANNAA, M.; HAN, G.; KIM, J.; KOO, Y.; SEO, Y. S.; KIM, J. C. Systemic acquired resistance-mediated control of pine wilt disease by foliar application with methyl salicylate. **Frontier in Plant Science**, v. 12, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.812414>.

LEE, S. C.; LEE, H. R.; KIM, D. S.; KWON, J. H.; HUH, M. J.; PARK, I. K. Emamectin benzoate 9.7% SL as a new formulation for a trunk-injections against pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. **Journal of Forestry Research**, v. 31, n. 4, p. 1399-1403, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-018-00873-x>.

LI, M.; NANGONG, Z. Precision trunk injection technology for treatment of huanglongbing (HLB)-affected citrus trees: a review. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 129, p. 15-34, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00510-6>.

MCCULLOUGH, D. G.; POLAND, T. M.; TLUCZEK, A. R.; ANULEWICZ, A.; WIEFERICH, J.; SIEGERT, N. W. Emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae) densities over a 6-yr period on untreated trees and trees treated with systemic insecticides at 1-, 2-, and 3-yr intervals in a Central Michigan Forest. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, p. 201-212, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy282>.

- MINAROVA, N. The Fibonacci sequence: nature's little secret. **CRIS: Bulletin of the Centre for Research and Interdisciplinary Study**, v. 1, p. 7-17, 2014.
- MONTECCHIO, L. A venturi effect can help cure our trees. **Journal of Visualized Experiments**, v. 80, e51199, 2013. DOI: <https://doi.org/10.3791/51199>.
- MOURA, J. I. L.; PEREIRA, R. R. C.; FERREIRA, J. A.; BOTTOLI, C. B. G.; NIELLA, G. R. Endoterapia como técnica alternativa às pulverizações. **BioAssay**, v. 18, ba18003, 2023. DOI: <https://doi.org/10.37486/1809-8460.ba18003>.
- MOURA, J. I. L.; WARWICK, D. R. N.; LUZ, E. D. M. N.; SANTOS FILHO, L. P.; VALLE, R. R. Effect of ciproconazole injection on leaf disease control and yield of coconut plants. **Summa Phytopathologica**, v. 45, p. 186-190, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/178174>.
- ROMERO, M. A.; GONZÁLEZ, M.; SERRANO, M. S.; SÁNCHEZ, M. E. Trunk injection of fosetyl-aluminium controls the root disease caused by *Phytophthora cinnamomi* on *Quercus ilex* woodlands. **Annals of Applied Biology**, v. 174, n. 3, p. 313-318, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/aab.12503>.
- SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, E.; LANGA-LOMBA, N.; GONZÁLEZ-GARCÍA, V.; CASANOVA-GASCÓN, J.; MARTÍN-GIL, J.; SANTIAGO-ALISTE, A.; TORRES-SÁNCHEZ, S.; MARTÍN-RAMOS, P. Lignin-chitosan nanocarriers for the delivery of bioactive natural products against wood-decay phytopathogens. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 1-16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12020461>.
- SCORTICHINI, M.; LORETI, S.; PUCCI, N.; SCALA, V.; TATULLI, G.; VERWEIRE, D.; OEHL, M.; WIDMER, U.; CODINA, J. M.; HERTL, P.; CESARI, G.; DE CAROLI, M.; ANGILÉ, F.; MIGONI, D.; DEL COCO, L.; GIRELLI, C. R.; DALESSANDRO, G.; FANIZZI, F. P. Progress towards sustainable control of *Xylella fastidiosa* subsp. *pauca* in olive groves of Salento (Apulia, Italy). **Pathogens** v. 10, n. 6, p. 668, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens10060668>.
- TAIZ, Z.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 3. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2002. 690 p.
- TOMLINSON, P. B.; HUGGETT, B. A. Cell longevity and sustained primary growth in palm stems. **American Journal of Botany**, v. 99, n. 12, p. 1891-1902, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1200089>.
- WISE, J. C.; VANWOERKOM, A. H.; AĆIMOVIĆ, S. G.; SUNDIN, G. W.; CREGG, B. M.; VANDERVOORT, C. Trunk injection: a discriminating delivering system for horticulture crop IPM. **Entomology, Ornithology & Herpetology: Current Research**, v. 3, p. 1-7, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4172/2161-0983.1000126>.
- WISE, J. C.; WISE, A. G.; RAKOTONDRAVELO, M.; VANDERVOORT, C.; SEEVE, C.; FABBRI, B. Trunk injection delivery of dsRNA for RNAi-based pest control in apple trees. **Pest Management Science**, v. 78, n. 8, p. 3528-3533, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6993>.
- YAMAMOTO, Y.; KANEKO, S.; YOSHIMURA, T. Effects of dinotefuran trunk injection against the red-necked longhorn beetle *Aromia bungii* (Coleoptera: Cerambycidae) in Japanese flowering cherry trees. **Journal of Forest Research**, v. 27, n. 6, p. 460-468, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1080/13416979.2022.2075524>.
- YAO, T.; ZHOU, Y.; HU, J.; XIAO, T.; ZHOU, C. Genomic evolutionary relationship of SWEET genes and their responses to HLB disease and oxytetracycline treatment in Valencia sweet orange. **Biologia**, v. 76, p. 1685-1689, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00745-6>.

