
**Essential oil of *Xylopiya frutescens* Aubl. controlling phytopathogens
that cause diseases in maize and cowpea bean plants**

**Óleo essencial de *Xylopiya frutescens* Aubl. no controle dos fitopatógenos causadores
de doenças em plantas de milho e feijão-caupi**

Received: 12-07-2024 | Accepted: 15-08-2024 | Published: 18-08-2024

Dalmarcia de Souza Carlos Mourão

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1756-5265>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: dalmarciaadm@uft.edu.br

Sabrina Helena da Cruz Araújo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2718-0369>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: shcaraujo@gmail.com

Bruna Leticia Dias

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7750-8887>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: bruletidias@hotmail.com

Taila Renata Neitzke

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3085-2362>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: tailaneitzke@gmail.com

Dheime Ribeiro Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1270-4738>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: dheime.miranda@ifto.edu.br

Ildon Rodrigues do Nascimento

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8348-9993>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: ildon@uft.edu.br

Marcos Vinicius Giongo Alves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1613-6167>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: giongo@uft.edu.br

Cristiano Bueno de Moraes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6988-0622>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: cbmoraes@uft.edu.br

Marcos Paz Saraiva Câmara

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7930-7886>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: marcos.camara@ufrpe.br

Gil Rodrigues dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3830-9463>
Universidade Federal do Tocantins, Brasil
E-mail: gilrsan@uft.edu.br

ABSTRACT

The species *Xylopia frutescens* is a plant that inhabits the Cerrado Biome. The objective of the work was to evaluate the fungitoxic effect of the essential oil of this species in controlling diseases in maize and cowpea bean plants. The essential oil was obtained using the hydrodistillation and its chemical composition was determined through gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The essential oil of *X. frutescens in vitro*, at concentrations of 7.5 and 10%, inhibited 76% of the mycelial growth of *Curvularia lunata*, demonstrating fungistatic activity. On the other hand, for *Rhizoctonia solani*, there was total inhibition from a concentration of 5%, confirming its toxicity to the phytopathogen. Furthermore, from a concentration of 2.5% there was phytotoxicity. At a concentration of 1% there was greater inhibition of the germination of *C. lunata* conidia. For *R. solani*, there was 100% inhibition of mycelial growth, demonstrating its fungitoxic action. In the composition of the essential oil, 20 chemical constituents were identified, with β -pinone and spathulenol being the main compounds. The preventive application of *X. frutescens* essential oil proved to be efficient in controlling the diseases Curvularia leaf spot in maize and web blight of cowpea bean.

Keywords: *Xylopia frutescens*; botanical fungicides; phytopathogens.

RESUMO

A espécie *Xylopia frutescens* é uma planta que habita o Bioma Cerrado. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito fungitóxico do óleo essencial desta espécie no controle de doenças em plantas de milho e feijão-caupi. O óleo essencial foi obtido por meio de hidrodestilação e sua composição química foi determinada através de cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM). O óleo essencial de *X. frutescens in vitro*, nas concentrações de 7,5 e 10%, inibiu 76% do crescimento micelial de *Curvularia lunata* demonstrando atividade fungistática. Por outro lado, para *Rhizoctonia solani* houve total inibição a partir da concentração de 5%, confirmando sua toxicidade ao fitopatógeno. Além disso, a partir da concentração de 2,5% houve fitotoxicidade. Na concentração de 1% houve maior inibição da germinação dos conídios de *C. lunata*. Para *R. solani*, houve 100% de inibição do crescimento micelial demonstrando sua ação fungitóxico. Na composição do óleo essencial, foram identificados 20 constituintes químicos, sendo β -pinona e espatulenol os compostos majoritários. A aplicação preventiva do óleo essencial de *X. frutescens* mostrou-se eficiente no controle das doenças Mancha de curvularia do milho e Mela do feijão-caupi.

Palavras-chave: *Xylopia frutescens*; fungicidas botânicos; fitopatógenos.

INTRODUÇÃO

O uso de fungicidas para controlar as principais doenças em plantas é a mais importante estratégia de manejo e é amplamente empregada para proteger o potencial produtivo de várias culturas, garantindo assim a rentabilidade ao produtor (Custódio et al., 2019).

Embora os pesticidas químicos sejam usados com sucesso na agricultura, o uso indiscriminado pode causar problemas de contaminação ou geração de resíduos em ambientes e alimentos. A adoção de métodos visando os controles alternativos de pragas e doenças deve ser incentivada a fim de minimizar danos reais e potenciais. São diversas as estratégias utilizadas com esta finalidade, como o uso de substâncias extraídas de plantas, por exemplo (Rufino et al., 2018; Zanatto et al., 2018).

O uso de óleos essenciais de plantas do cerrado no controle de doenças na agricultura é uma importante oportunidade para reduzir os riscos e problemas referentes à utilização dos produtos sintéticos, que se associada a outras práticas, pode colaborar para a redução das doses e aplicações desses produtos (Kobayashi et al., 2018).

Várias doenças fúngicas tem se tornado importantes em várias culturas produzidas em ambientes tropicais, porque as condições climáticas são favoráveis para o desenvolvimento do patógeno (Lopes et al., 2017).

Estudos recentes indicam um aumento de doenças como a Mancha de Curvularia, causada pelo fungo *Curvularia lunata* em cultivares de milho que causam grandes perdas na produção (Gao et al., 2012; Mourão et al., 2017). A doença destrói os tecidos fotossintéticos das folhas do milho e afeta diretamente a formação dos grãos.

A cultura do feijoeiro tem grande importância social e econômica e pode ser afetada por vários fungos habitantes do solo que têm causado consideráveis prejuízos na produção (Sá et al., 2019; Souza et al., 2017). Dentre as doenças, a mela, causada pelo fungo *Rhizoctonia solani* é uma das principais doenças do feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) na região norte (Nechet et al., 2011).

A busca por conhecer os componentes e princípios ativos presentes nas plantas e seus mecanismos de ação sempre foi um desafio à ciência. Isso se deve ao fato de a constituição química das plantas apresentarem forma bastante variada e complexa. Portanto, há necessidade constante de estudos com a finalidade de se conhecer cada vez mais a constituição desses componentes bioativos para que sejam utilizados da melhor forma possível (Oliveira et al., 2014).

A espécie vegetal *Xylopia frutescens*, habitante do Bioma Cerrado, ainda é muito pouca estudada e conhecida. Até o momento, existem poucos relatos demonstrando suas propriedades e usos na área agrícola. Alguns estudos têm demonstrado atividades citotóxicas, antitumorais (Ferraz et al., 2013). Sendo a planta rica em alcalóides e diterpenóides, acredita-se que pode ser eficaz contra insetos, além de possuir ação antifúngica (Garcez et al., 2013; Nascimento et al., 2017; Tegang et al., 2017).

Devido a estas informações e de acordo com a verificação da literatura disponível, não foram encontrados trabalhos utilizando os seus compostos no controle de doenças em plantas. Desta forma, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito fungitóxico do óleo essencial desta espécie e o controle de doenças em plantas de milho e feijão-caupi.

MATERIAIS E METÓDOS

Coletas das plantas de *Xylopia frutescens* Aubl.

As coletas foram realizadas na vegetação do Bioma cerrado, no Estado do Tocantins, Brasil, em regiões próximas aos municípios de Dueré (11°20'38"S e 49°16'14"W, estando a uma altitude de 235 metros). A exsicata da planta foi classificada com auxílio de literatura especializada e realizado depósito sob o nº Reg. 7795, no Herbário da Fundação Universidade do Tocantins (UNITINS), na Cidade de Palmas - Tocantins.

Obtenção do óleo essencial de *Xylopia frutescens* Aubl.

Para a obtenção do óleo essencial, as folhas foram secas à sombra em temperatura ambiente e posteriormente batidas em liquidificador. O óleo essencial foi extraído pelo método de hidrodestilação, em aparelho tipo Clevenger acoplado a um condensador refrigerado por um sistema de mangueiras que permitem a passagem da água de modo contínuo, submetido à fervura por um período de duas horas, utilizando-se aproximadamente 200 g do material vegetal. Depois de transcorrido o tempo, o óleo essencial foi coletado na forma de sobrenadante com o auxílio de uma micropipeta, depositados em frascos âmbar e armazenados em geladeira a 4°C até o momento da implantação dos bioensaios (Seixas et al., 2012, adaptado).

Obtenção dos isolados de *Curvularia lunata* e *Rhizoctonia solani*

Os isolados foram obtidos das plantas de milho e feijão-caupi com sintomas de doenças causadas por estes fungos, provenientes de cultivos comerciais, no estado do Tocantins. Pequenos fragmentos de folhas (milho) e hastes (feijão) lesionadas foram previamente imersos em soluções de álcool etílico (50%) por 30 segundos e de hipoclorito de sódio (1%) por 40 segundos. Posteriormente, as amostras foram lavadas em água destilada estéril por três vezes e em seguida transferidas para placas de Petri contendo meio BDA (batata, dextrose e ágar). As placas de Petri foram incubadas à 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas, sob luz fluorescente. Após crescimento micelial, um disco de BDA contendo os micélios de cada fungo foi transferido para placa de Petri contendo BDA, incubando-se novamente nas mesmas condições descritas anteriormente. Os fungos foram observados em microscópio óptico e identificados por meio das características morfológicas com o auxílio de literatura especializada (Barnett e Hunter, 1972; Ellis, 1971; Watanabe, 2010) e posteriormente inoculados novamente em plantas de milho e feijão-caupi para confirmar sua patogenicidade e completar os postulados de Koch.

Potencial inibitório (*in vitro*) do óleo essencial *Xylopi frutescens* Aubl.

No preparo das soluções do óleo essencial foi feita uma dissolução a partir de água estéril e tween 80 (1%). Como testemunhas utilizaram-se água estéril e o fungicida Tiofanato metílico a 2%. Os bionsaios *in vitro* foram instalados em placas de Petri (90 mm de diâmetro), em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições, sendo cinco concentrações crescentes de óleo essencial (1%; 2,5%; 5,0%; 7,5%; 10%) e cinco épocas de avaliação com intervalo de 48 horas (2, 4, 6, 8 e 10 dias de incubação). Posteriormente, um volume 200 µL das soluções do óleo essencial foi espalhado na superfície do meio de cultura BDA com o auxílio de uma alça Drigalsky, e em seguida, no centro de cada placa de Petri foi depositado um disco (4 mm) de BDA contendo o micélio do fungo. As placas foram mantidas em câmara de incubação a 25°C durante dez dias (Seixas et al., 2011 e Ferreira et al., 2018).

Fitotoxicidade do óleo essencial em plantas de milho e feijão-caupi

As concentrações de óleo essencial utilizadas foram as mesmas do estudo de inibição do crescimento micelial *in vitro*. Sementes de milho (Al Bandeirante) e feijão-caupi (BRS-Guariba) foram semeadas em vasos de plástico, contendo substrato de

esterco, solo e substrato comercial Plantmax®, na proporção de 1:2:1. A irrigação foi efetuada diariamente de forma manual. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. Após 20 dias da semeadura, foram realizadas as aplicações das diferentes concentrações (1%; 2,5%; 5,0%; 7,5%; 10%) do óleo essencial, utilizando-se água esterilizada como testemunha. As soluções foram preparadas conforme descrito anteriormente no ensaio *in vitro*. A aplicação nas folhas foram realizadas com o auxílio de um borrifador (capacidade de 250 mL). Após 24 horas da aplicação, foram realizadas as avaliações, por meio de escala de notas adaptada de Freitas et al. (2009) e Cogliatti et al. (2011), onde: 0% = ausência de fitotoxicidade; 1 – 25% = leve necrose nas folhas ou leve clorose da planta; 26 – 50% = necrose moderada nas folhas ou clorose moderada da planta; 51 – 75% = alta necrose nas folhas ou alta clorose da planta; 76 – 100% = murcha e ressecamento da planta.

Inibições da germinação de conídios de *Curvularia lunata* e crescimento micelial (escleródios) de *Rhizoctonia solani*

Este ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições, sendo cinco concentrações crescentes de óleo essencial, além das testemunhas água estéril e Tiofanato metílico 2%. Uma alíquota de 1 mL da suspensão de conídios de *C. lunata* (10^4 conídios mL⁻¹) e outra de 1 mL em diferentes concentrações (0,1%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1%) do óleo essencial contendo Tween 80 (2%), juntamente com as testemunhas (1mL cada) e foram colocados em recipientes (“vidros pequenos”) (Balbi-Peña et al., 2006). Em seguida, foram incubados em câmara úmida sob fotoperíodo de 14 horas. Um total de 300 conídios foram contados por tratamento, observando os germinados e não germinados, sob visualização em microscópio óptico (Aguiar et al., 2014). Após este período a porcentagem de germinação dos conídios foi calculada conforme metodologia adaptada (Aguiar et al., 2014; Balbi-Peña, et al., 2006). Já para *R. solani*, foi usada mesma metodologia descrita na preparação das concentrações, diferindo-se apenas na utilização de escleródios, que correspondem às estruturas de resistência deste patógeno. Foram utilizados nove discos de micélio contendo escleródios de *R. solani* para cada concentração. Os discos foram depositados em frascos com 1mL das diferentes concentrações do óleo, permanecendo imersos por 24 horas. Em seguida, foram colocados em meio BDA para avaliação do crescimento micelial, e posterior mensuração. As placas foram mantidas em câmara de incubação a 25 °C por dez dias (Seixa et al., 2008 e Ferreira et al., 2018).

Análise cromatográfica do óleo essencial *Xylopia frutescens* Aubl.

As análises qualitativas e quantitativas do óleo essencial foram realizadas por cromatografia em fase gasosa acoplada à espectrometria de massas CG-EM. O cromatógrafo utilizado foi o modelo Shimadzu GC-210 equipado com detector seletivo de massa modelo QP2010 Plus. O equipamento foi operado nas seguintes condições: coluna capilar de sílica fundida RTX-5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm de espessura de filme); com a seguinte programação da temperatura na coluna: 60 – 240°C (3 °C/min); temperatura do injetor: 220 °C; gás carreador hélio; injeção splitless com volume injetado de 1 µL de uma solução 1:1000 em hexano. Para o espectrômetro de massas (EM), foram utilizadas as seguintes condições: energia de impacto de 70 eV; temperatura de fonte de íons e da interface: 200 °C. Os espectros obtidos foram comparados com o banco de dados da biblioteca Nist e Wiley 229 e o índice de retenção, calculado para cada constituinte, foi comparado com o tabelado, de acordo com Adams (2007) e a quantificação dos teores dos compostos foi expressa em porcentagem.

Controle preventivo e curativo do óleo essencial *Xylopia frutescens* Aubl. em plantas de milho e feijão-caupi

A partir dos dados obtidos no bioensaio *in vitro* e de fitotoxicidade, foram instalados os ensaios do controle preventivo e curativo para Mancha de Curvularia e Mela. O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com três repetições, sendo cinco concentrações crescentes de óleo essencial (0,1%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; 1%), além das testemunhas água estéril e Tiofanato metílico 2%. As soluções foram preparadas como descritas anteriormente no ensaio *in vitro*.

Para o ensaio do controle preventivo foram utilizadas três plantas completamente sadias de milho e feijão-caupi, cada, nas quais foram aplicadas previamente a solução do óleo essencial (5 mL) nas concentrações já descritas. Para *C. lunata* a aplicação foi realizada com o auxílio de um borrifador. Após uma hora da aplicação do óleo, as plantas de milho foram inoculadas com 5 mL de solução de conídios (1×10^4 conídios mL⁻¹) de *C. lunata*. Para *R. solani*, a metodologia para a aplicação das soluções foi a mesma descrita, porém, foram usados discos de micélio na base das plantas de feijão-caupi. Em seguida, as plantas foram transferidas para câmara

úmida por 48 horas para proporcionar as condições adequadas para o desenvolvimento dos patógenos. Após o período das 48 horas foram realizadas cinco avaliações da severidade da doença, com intervalo de dois dias, adotando-se a escala de notas de Santos et al. (2005): 0 - planta sadia; 1- menos de 1% da área foliar doente; 3 - 1 a 5% da área foliar doente; 5 - 6 a 25% da área foliar doente; 7 - 26 a 50% da área foliar doente; 9 - mais que 50% da área foliar doente.

No ensaio do efeito curativo, as plantas de milho foram inoculadas inicialmente com 5 mL de solução de conídios (1×10^4 conídios mL⁻¹) de *C. lunata* e as plantas de feijão-caupi inoculadas com os discos de micélio de *R. solani* junto a base das plantas. Em seguida, todas as plantas foram transferidas para câmara úmida por 48 horas para proporcionar as condições adequadas para o desenvolvimento dos patógenos. Após o surgimento das primeiras lesões características das doenças foram aplicadas as diferentes concentrações do óleo essencial. Foram realizadas cinco avaliações da severidade da doença, a partir da aplicação do óleo essencial, em intervalos de dois dias, por meio da escala de notas descrita anteriormente. Os valores das notas foram convertidos em Área Abaixo da Curva de Progresso de Doença (AACPD), de acordo com fórmula proposta por Shaner & Finney (1977).

Análise Estatística

Os resultados foram expressos como média \pm desvio-padrão para os ensaios *in vitro* da inibição do crescimento micelial e da germinação dos conídios, assim como o controle preventivo e curativo *in vivo* e foram submetidos à regressão linear. A área abaixo da curva de progressão da doença (AACPD) foi calculada conforme descrito por Schneider et al. (1976) e Shaner et al. (1977). Equações de regressão foram ajustadas utilizando o programa para elaboração de planilhas Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise botânica, foi identificada a planta de nome comum “Pindaíba-da-folha-pequena” e pertencente à espécie *Xylopia frutescens* Aubl.

O óleo essencial de *X. frutescens* apresentou ação fungistática contra *C. lunata* e fungitóxica para *R. solani*, causadores de doenças em plantas de milho e feijão-caupi (Tabela 1). Em comparação às testemunhas (i.e. água e tiofanato metílico) o óleo essencial demonstrou inibição contra *C. lunata* a partir do segundo dia de avaliação. As

concentrações de 2,5 a 5% mantiveram a inibição do crescimento micelial até o décimo dia com 4 e 49% de inibição, respectivamente. As concentrações que melhor expressaram atividade fungistática foram 7,5 e 10%, que ao final da avaliação (i.e. 10° dia) causaram 76% de inibição em comparação com a testemunha (água estéril). Esse resultado é consistente com o observado por Fournier e seus colaboradores (1994). Os autores avaliaram os óleos essenciais de três espécies de *Xylopi* (*X. frutescens*, *X. pynaertii* e *X. sericea*), e observaram que esses óleos possuem atividades bacteriostáticas e fungistáticas moderadas.

Tabela 1. Efeito do óleo essencial de *Xylopi frutescens* sobre o crescimento micelial (mm) *in vitro* de *Curvularia lunata* e *Rhizoctonia solani*.

<i>Curvularia lunata</i>								
Concent. %	Dias de avaliação					Inibição cresc. micelial* %	Equação de regressão	R ²
	2°	4°	6°	8°	10°			
Água	24,35±0,67	50,79±0,36	68,79±0,96	85,67±6,12	90	0	y = 16,618x + 14,066	0,95
T. Metílico	21,71±0,59	54,25±10,69	70,33±2,84	85,99±9,66	90	0	y = 16,832 + 13,96	0,92
1	14,73±0,43	36,04±1,33	56,09±3,46	85,79±5,95	90	0	y = 20,029x + 3,557	0,97
2,5	12,36±1,89	25,29±3,34	44,15±4,65	64,44±3,49	86,24±5,31	4	y = 18,691x - 9,577	0,99
5	4,12±2,91	11,9±2,28	21,04±2,72	31,44±4,99	45,78±6,20	49	y = 10,286x - 8,002	0,98
7,5	-	8,26±0,76	11,9±0,49	16,18±1,01	21,32±2,05	76	y = 5,056x - 3,636	0,98
10	-	6,01±4,30	12,68±1,57	16,55±2,01	20,97±2,99	76	y = 5,248 + 4,502	0,99

<i>Rhizoctonia solani</i>								
Concent. %	Dias de avaliação					Inibição cresc. micelial* %	Equação de regressão	R ²
	2°	4°	6°	8°	10°			
Água	64,23±4,62	90	90	90	90	0	y = -3,6814x ² + 27,243x + 43,614	0,85
T. Metílico	71,72±12,87	90	90	90	90	0	y = -2,6114x ² + 19,325x + 57,096	0,92
1	17,75±3,29	74,89±9,92	90	90	90	0	y = -9,2421x ² + 71,414x - 40,05	0,95
2,5	-	11,72±16,57	40,8±17,94	78,73±10,70	90	0	y = 24,701x + 29,853	0,97
5	-	-	-	-	-	100	-	-
7,5	-	-	-	-	-	100	-	-
10	-	-	-	-	-	100	-	-

Concent.: Concentração, (-): não houve crescimento, (*): avaliação considerada até o 10° dia de incubação. (Média ± Desvio padrão).

Autoria própria (2024).

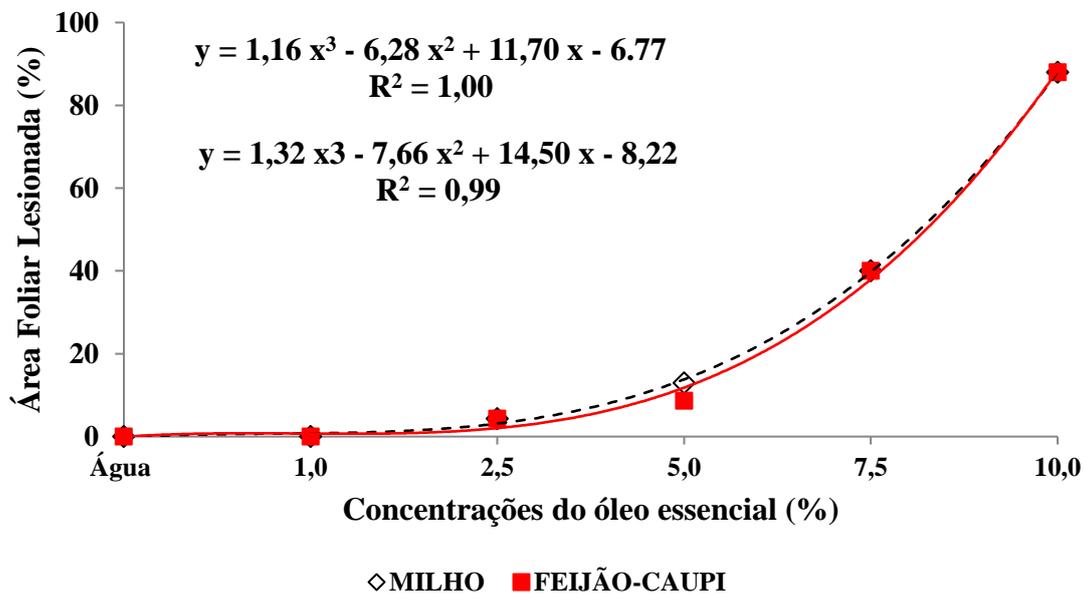
O óleo de *X. frutescens* demonstrou ação fungitóxica mais eficiente no controle do fitopatógeno *R. solani in vitro*. A partir da concentração de 5% já houve 100% de inibição do crescimento micelial em todas as épocas de avaliação quando comparados à testemunha (água estéril) (Tabela 1). Por outro lado, concentrações inferiores do óleo essencial (i.e. 1 a 2,5%) não apresentaram eficiência se comparadas às concentrações

mais altas. Trabalhos com a espécie *X. frutescens* referentes às ações sobre fungos são bastante escassos. Tegang et al. (2017) avaliaram a atividade antifúngica do óleo essencial de *X. aethopica* contra os microrganismos. Os autores demonstraram que o óleo essencial exerceu ação antifúngica para *Aspergillus niger* e *Fusarium oxysporium*. Similarmente, Nascimento et al. (2018) reportaram dados sobre a atividade antimicrobiana do óleo essencial de flores *X. aromatica* frente ao fungo *Candida albicans*.

Para o teste de fitotoxicidade (Figura 1), o óleo de *X. frutescens* se mostrou tóxico a partir da concentração de 2,5%, afetando 4,3% da área foliar, tanto para as plantas de milho quanto para o feijão-caupi. Para as concentrações de 7,5 e 10%, os valores de toxicidade chegaram a 40 e 88% de área foliar afetada, respectivamente. A ocorrência de fitotoxicidade foi observada por meio de leves necroses, ao passo que nos casos mais severos as plantas chegaram ao ponto de murcha e ressecamento. A partir desses resultados, foram estabelecidas novas concentrações para os demais ensaios, sendo estipuladas abaixo de 1% de óleo essencial, uma vez que essa concentração não apresentou fitotoxicidade para as plantas.

Diversos trabalhos mostram a evidente atividade fungicida de compostos presentes em plantas, entretanto, alguns compostos podem apresentar fitotoxicidade quando aplicados em altas concentrações, dependendo da espécie, idade e fase de desenvolvimento da planta, pode ocasionar danos (Zanella et al., 2018; Mossini et al., 2005). A fitotoxicidade pode ser causada por uma grande variedade de substâncias, uma vez que os produtos naturais possuem estruturas complexas e muito variadas (Wei et al., 2019). Assim, os princípios ativos dos óleos essenciais podem causar fitotoxicidade de forma irreversível por meio de danos às folhas das plantas. Portanto, a recomendação de uso só deve ser feita após testes para verificar a sensibilidade da planta e a concentração máxima de óleo, levando em conta cada cultivar. A definição de doses e/ou concentrações representa uma prática economicamente interessante para pesquisadores e para uso futuro pelos agricultores (Mourão et al., 2019).

Figura 1- Fitotoxicidade do óleo essencial de *Xylopiia frutescens* em plantas de milho e feijão-caupi (média ± desvio padrão).

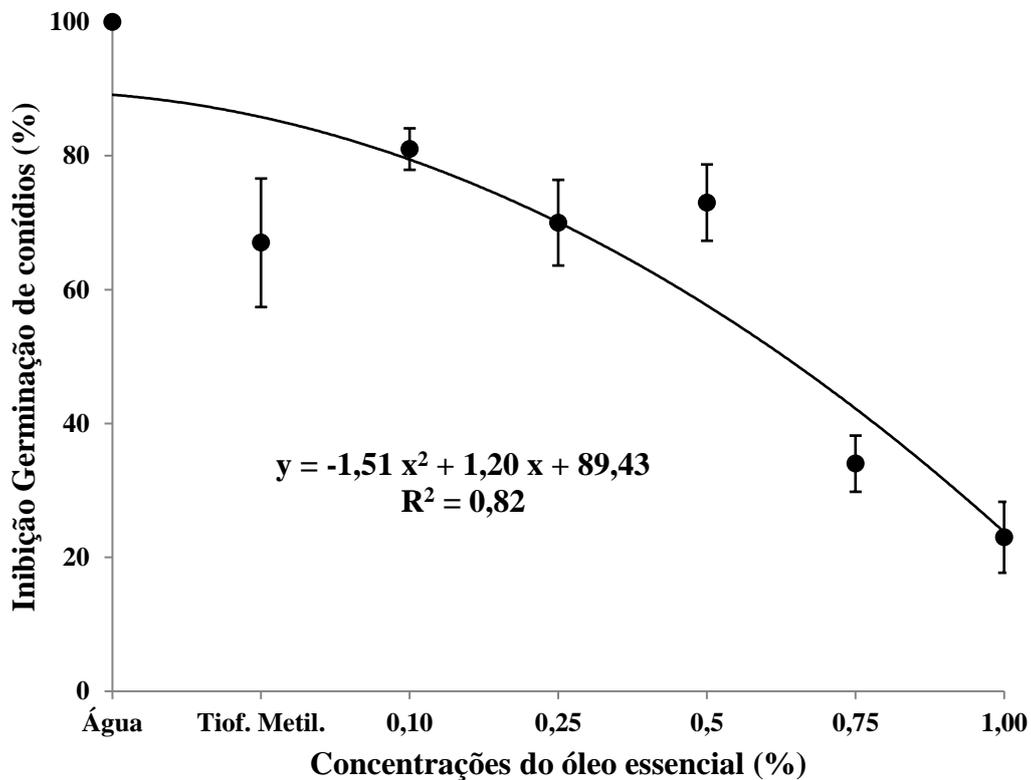


Fonte: Autoria própria (2024).

No teste de inibição da germinação de conídios de *C. lunata* (Figura 2) verificou-se que a testemunha contendo apenas água apresentou 100% de germinação dos conídios. A testemunha contendo tiofanato metílico a 2% (fungicida) apresentou apenas 33% de conídios germinados. As concentrações de óleo essencial de *X. frutescens* entre 0,1; 0,25 e 0,50% apresentaram as inibições de 19, 30 e 27%, respectivamente. As concentrações mais elevadas, i.e. 0,75 e 1%, inibiram a germinação de conídios em 66 e 77% cada.

Os óleos essenciais são substâncias complexas oriundas do metabolismo secundário das plantas (Donnaruma et al., 2015). No que tange à atividade dos óleos essenciais, uma potencialização pode ser promovida por meio de um aumento na atividade celular, causando alterações na permeabilidade da membrana, tornando a mesma mais permeável à absorção, o que acarreta perda de conteúdo celular vital. Alguns autores demonstraram por exemplo que a presença do grupo -OH na estrutura molecular do principal composto do óleo essencial de *L. sidoides*, confere a capacidade de ligação a grupos amina e hidroxilamina de proteínas presentes nas membranas celulares dos fungos (Burt et al., 2004; Juven et al., 1994).

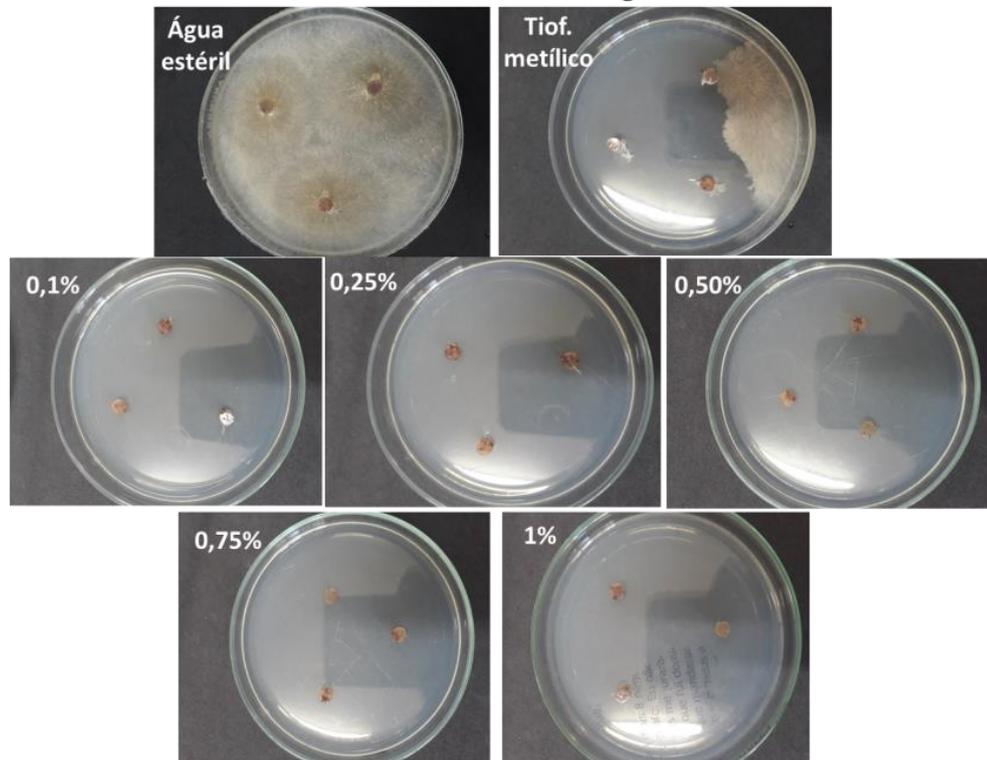
Figura 2 - Inibição da germinação de conídios de *Curvularia lunata* pelo óleo essencial de *Xylopiá frutescens*. Tiof. Metil. (Fungicida). (média ± desvio padrão).



Fonte: Autoria própria (2024).

O teste de inibição do crescimento micelial de *R. solani* evidenciou a eficiência *in vitro* do óleo essencial de *X. frutescens* contra o fitopatógeno (Figura 3). Para a testemunha em que foi usada apenas água estéril houve 100% de crescimento micelial do fungo. Por outro lado, todas as concentrações do óleo testadas apresentaram ação fungitóxica, não havendo crescimento micelial do fungo durante todo o período até o décimo dia de avaliação. Já para a testemunha tiofanato metílico, houve um crescimento parcial do fungo ao final da avaliação do décimo dia. Esses resultados demonstram a eficácia e a ação residual persistente dos compostos químicos presentes no óleo sobre o fungo.

Figura 3 - Inibição do crescimento micelial de *Rhizoctonia solani* pelo óleo essencial de *Xylopiya frutescens*. Tiofanato Metílico 2% (Fungicida).



Fonte: Aatoria própria (2024).

Diversos trabalhos que são desenvolvidos atualmente têm buscado identificar compostos vegetais com ação sobre fitopatógenos. São realizados a fim de encontrar óleos essenciais que consigam inibir o crescimento de fungos e inativar suas estruturas de resistência, como os escleródios (Camiletti et al., 2016; Ali et al., 2017; Junior et al., 2017; Zanella et al., 2018; Bernardi et al., 2019). Pesquisadores relataram que compostos fungitóxicos estavam presentes nas plantas da família Annonaceae como *X. aethiopica*, dentre outras plantas, foram capazes de suprimir o crescimento dos microrganismos testados, entre eles o fungo *R. solani* (Okigbo et al., 2005). O óleo de *X. nitida*, em variadas concentrações, também conseguiu inibir o crescimento fungos fitopatogênicos diversos (*Corynespora* sp., *Helminthosporium* sp., *Macrophomina* sp., *Pestalotia dictaeta*, *R. solani*, *Sclerotium rolfsii*, *Colletotrichum gloesporioides*, *Clinipelis pernicioso*, *Cylindrocadium* sp. e *Phytophthora* spp.) (Araújo et al., 2001).

A efetividade antifúngica de óleos essenciais pode estar relacionada à ação da quitina. A penetração de quitina na parede das hifas prejudica a lipoproteína da membrana citoplasmática. Este processo acarreta o extravasamento do citoplasma, e

consequentemente o esvaziamento e murchamento das hifas, e presença de filamentos (Zambonelli et al., 1996; Santos et al., 2013).

Trabalhos que avaliam os efeitos do óleo essencial de *X. frutescens* sobre fungos ainda são escassos, com alguns destaques apenas para sua composição química. No presente trabalho, foram identificados um total de 20 constituintes químicos presentes no óleo essencial de *X. frutescens* extraídos de suas folhas (Tabela 2). Dentre eles estão os majoritários: β -pinona com (13,75%), espatulenol (12,94%), mirtenal (12,47%), β -pineno (11,02%) e α -pineno (9,56%). Os restantes dos constituintes minoritários variaram em percentagens de 0,89 a 6%. Outros trabalhos apresentaram resultados sobre óleos das folhas de pindaíba, e em sua composição foram identificados β -cariofileno (19,28%), aromadendreno (17,30%) e p-cimeno (17,96%) como compostos majoritários (Mendes, 2018). Assim como Ferraz et al. (2013) que encontraram como principais compostos identificados sendo (E)-cariofileno (31,48%), biciclogermacreno (15,13%), germacreno D (9,66%), δ -cadineno (5,44%), viridifloreno (5,09%) e α -copaeno (4,35%). Já Figueiredo et al. (2019) verificaram a composição das cascas do caule de *X. frutescens* o que levou a identificação de 40 constituintes, sendo constituído por monoterpenos e sesquiterpenos, e como compostos majoritários o β -pineno (2,52%), 1,3,5-trimetilbenzeno (3,2%), citronelol (1,06%), geraniol (2,35%), timol (2,96%), elemol (1,36%), espatulenol (1,08%) e cadin-4-en-10-ol (1,79%).

Os resultados aqui obtidos sobre a eficiência do óleo de Pindaíba-da-folha-pequena para o controle da Mancha de Curvularia no milho e Mela em feijão-caupi pode estar relacionado ao sinergismo de ação entre mais de um constituinte do óleo essencial. Estudos futuros devem focar no efeito isolado desses compostos sobre controle de doenças em plantas para de fato identificar o mecanismo de ação e quais os constituintes relacionados à atividade antifúngica. Por meio de análises químicas preliminares dos óleos essenciais de algumas plantas, é possível identificar vários compostos de interesse agrônomo presentes nos óleos (Osorio et al., 2018) para o desenvolvimento de futuros compostos biorracionais para o controle de pragas.

Tabela 2. Constituintes químicos do óleo essencial da Pindaíba-da-folha-pequena (*Xylopiya frutescens*) identificados por GC / MS e seu conteúdo expresso em percentagem. Gurupi-TO, 2021.

CONSTITUINTES	IR	%
α -pineno	948	9,56
Thuja-2,4(10)-dieno	879	1,28
β -pineno	943	11,02
ρ -cymeno	1042	1,32
Eucaliptol	1059	1,78
α -camfolenal	1155	1,46
Nopinone	1047	2,38
β -pinona	1047	13,75
Verbenol	1136	4,29
Pinocarvona	1114	5,75
α -phellandren-8-ol	1125	1,90
Mirtenal	1136	12,47
Mirtenol	1191	6,00
Verbenone	1119	3,03
δ -elemene	1377	0,93
Germacrene D	1515	3,97
Espatuleno	1536	12,94
Óxido de cariofileno	1507	1,12
(-)-Espatuleno	1536	0,89
Isospatuleno	1536	4,16
Total	-	100

IR = índice de retenção calculado.

Fonte: Autoria própria (2024).

O uso de óleo essencial da Pindaíba-da-folha-pequena para o tratamento das doenças de Mancha de Curvularia em plantas de milho e para Mela em plantas de feijão-caupi se mostrou bastante eficiente quando aplicado nas plantas antes de ocorrer à doença, de forma preventiva.

Para a Mancha de Curvularia, o óleo conseguiu retardar o progresso da doença representado por meio da Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD).

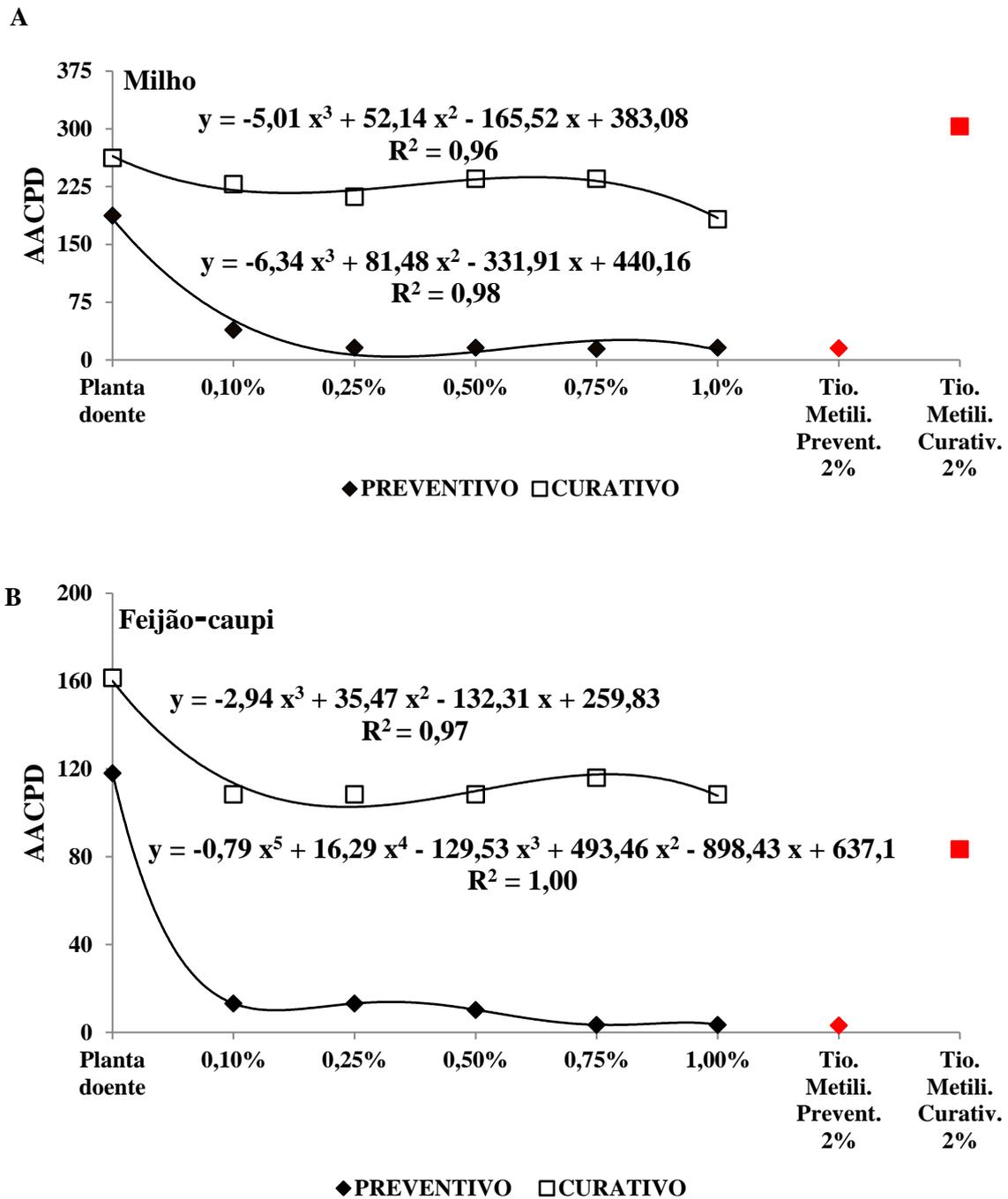
Enquanto a testemunha (planta doente) teve uma AACPD de 187,3, uma AACPD de 39 foi obtida em plantas borrifadas com a concentração de 0,1% do óleo essencial (Figura 3A). Já para as demais concentrações (0,25; 0,50; 0,75 e 1%) os valores de AACPDs forem de 16,0; 16,0; 14,8 e 16,1, respectivamente, demonstrando o forte efeito fungistático do óleo. O fungicida Tiofanato metílico quando aplicado preventivamente, promoveu uma AACPD muito semelhante aos tratamentos com óleo, com o valor de 15,3.

No método curativo, tanto a testemunha quanto as concentrações iniciais promoveram valores muito semelhantes de AACPD nas plantas (Figura 3A). Porém, a concentração de 1% se mostrou mais eficiente que as demais, apresentando uma AACPD de 182,8 em relação à testemunha que foi de 262,3. Resultado semelhante ocorreu para a testemunha com o fungicida, aplicado de forma curativa, onde houve um progresso da doença chegando a uma AACPD com valor de 303, não apresentando desta forma, efeito no controle da doença Mancha de curvularia.

Osorio et al. (2018) comentaram que o óleo essencial quando aplicado de forma preventiva, antes da infecção que ocorre nos tecidos vegetais, possivelmente formou uma barreira e os compostos presentes no óleo também podem inibir a germinação dos esporos do patógeno. Assim, evita-se a penetração do tubo germinativo do patógeno na superfície da folha. Além disso, os compostos presentes nos óleos essenciais podem indiretamente contribuir para o controle da doença, induzindo a uma resposta nos mecanismos de defesa da planta (Nosé et al., 2022; Guiherme et al., 2023)

Pesquisas com atividade fungitóxica do extrato de *X. aethiopica* e de outras plantas apontaram a redução significativa da germinação de esporos e do crescimento de *C. lindemuthianum in vitro*. Testes com feijão-caupi indicaram que os extratos aplicados antes ou após a infecção das plantas com *C. lindemuthianum* também foram eficazes na redução do tamanho das lesões induzidas pelo patógeno. A fungitoxicidade dos extratos de *X. aethiopica* foi superior à de benomil (Amadioha; Obi; 1998).

Figura 3 - Área Abaixo da Curva do Progresso da Doença (AACPD) de Milho (A) e Feijão-caupi (B) em função de diferentes concentrações do óleo essencial de *Xylopia frutescens*. Fungicida: Tiofanato metílico (preventivo e curativo).



Fonte: Autoria própria (2024).

O ensaio preventivo para Mela em feijão-caupi também se mostrou mais eficiente que o curativo (Figura 3B). Enquanto a testemunha (planta doente) apresentou

valor de AACPD de 118,1, as concentrações do óleo de 0,1; 0,25 e 0,50% acarretaram pouca variação nos valores de AACPDs (13,2; 13,2 e 10,3 respectivamente). As concentrações mais elevadas, i.e. 0,75 e 1%, demonstraram os mesmos valores de AACPD (3,5). O tratamento com fungicida sistêmico, aplicado previamente à inoculação, também demonstrou eficácia de controle da doença, tendo sido verificada AACPD de 3,2.

Quanto ao método curativo, apesar de ser menos eficiente que o preventivo, em comparação à testemunha, verificou-se o valor de 161,5 de AACPD (Figura 3B). Todas as concentrações do óleo apresentaram valores inferiores. As plantas tratadas com a maior concentração (1% de óleo essencial) apresentaram o valor de AACPD de 108,5 e as plantas tratadas com o fungicida apresentaram o valor de 83,5.

Desta forma, acredita-se que embora os resultados obtidos para *X. frutescens* na forma curativa sejam menos eficientes do que o método preventivo, esta forma de aplicação não deve ser totalmente descartada, pois os tratamentos com óleos essenciais apresentaram melhores resultados ou comparáveis ao fungicida sistêmico, indicando ação na redução da taxa de progresso de doenças.

CONCLUSÃO

Foram identificados 20 constituintes químicos presentes no óleo essencial de *X. frutescens*, sendo os majoritários: β -pinona, espatulenol, mirtenal, e α -pineno.

O óleo essencial de *X. frutescens* demonstrou sua atividade fungistática para o crescimento micelial de *C. lunata in vitro* quando utilizado em elevadas concentrações. Entretanto, para *R. solani*, houve total inibição já a partir da concentração de 5%, evidenciando a atividade fungitóxica do óleo essencial para o patógeno. Embora esses resultados sejam promissores, o óleo essencial de *X. frutescens* mostrou-se tóxico a partir da concentração de 2,5% para as plantas de milho e de feijão-caupi.

Na inibição da germinação dos conídios de *C. lunata* a concentração que melhor inibiu a formação do tubo germinativo dos conídios foi a de 1%, sendo esta uma concentração ideal de aplicação do óleo essencial, uma vez que não causou fitotoxicidade nas plantas. Já para *R. solani*, quando usados discos de micélio, houve 100% de inibição crescimento micelial do fungo em todas as concentrações testadas. Além da atividade *in vitro*, a uso de óleo essencial para o tratamento das doenças de Mancha de curvularia em milho e para Mela em feijão-caupi se mostrou eficiente

quando aplicado nas plantas preventivamente, antes da inoculação dos patógenos e consequentemente do desenvolvimento das doenças.

Em conjunto, os resultados demonstram que o óleo essencial é efetivo no controle dos patógenos *in vitro* e quando aplicado diretamente nas plantas, sendo a eficácia mais elevada para o patógeno *R. solani*. Dessa forma, o óleo essencial de *X. frutescens* apresenta um potencial para ser utilizado no desenvolvimento de compostos biorracionais para o controle sustentável dessas pragas agrícolas. Novas pesquisas poderão ser conduzidas para identificar o mecanismo de ação do óleo essencial por meio de análises das biotividades individuais de seus constituintes químicos.

REFERÊNCIAS

ALI, E. O. M., SHAKIL, N. A., RANA, V. S., SARKAR, D. J., MAJUMDER, S., KAUSHIK, P., ... & KUMAR, J. Antifungal activity of nano emulsions of neem and citronella oils against phytopathogenic fungi, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii*. **Industrial crops and products**, 108, 379-387, 2017.

ADAMS, R. P. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry. 4th ed. **Carol Stream: Allured Publishing Corporation**; 2007.

AGUIAR, R.W.S.; OOTANI, M.A.; ASCENCIO, S.D.; FERREIRA, T.P.S.; SANTOS, M.M.; SANTOS, G.R. Fumigant antifungal activity of *Corymbia citriodora* and *Cymbopogon nardus* essential oils and *citronellal* against three fungal species. **Scientific World J.** 2014. doi:10.1155/2014/492138

AMADIOHA, A. C.; OBI, V. I. Fungitoxic activity of extracts from *Azadirachta indica* and *Xylopiya aethiopica* on *Colletotrichum lindemuthianum* in cowpea. **Journal of herbs, spices & medicinal plants**, 6(2), 33-40, 1998.

ARAUJO, J. S.; MAIA, J. G. S.; ZOGHBI, M. G. B.; ANDRADE, E. H. A. Fungicide and bactericide activities of Annonaceae essential oils from the Amazon. In: 3rd Congress of Pharmaceutical Sciences, 2001, Águas de Lindóia, SP. **European Journal of Pharmaceutical Sciences - Abstracts - Supplement 1. Amsterdam: Elsevier Science**, v. 13. p. S110-S110, 2001.

BALBI-PEÑA, M.I.; BECKER, A.; STANGARLIN, J.R.; FRANZENER, G.; LOPES, M.C.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Controle de *Alternaria solani* em tomateiro por extratos de *Curcuma longa* e *curcumina* – I. avaliação *in vitro*. **Fitopatologia Brasileira**.31:310-314, 2006.

BERNARDI, C.; SIEGA, T. C.; REY, M. S. Influência de óleos essenciais no desenvolvimento de escleródios de *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary, agente causal da Podridão Branca da Haste da Soja. **Summa Phytopathologica**, 45(2), 227-228, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/186890>

BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. Illustrated genera of imperfect fungi. 3^a ed. Minneapolis, Minnesota, **Burgess Publishing Company**, p. 241, 1972.

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in food: a review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, p. 223-253, 2004.

CAMILETTI, B. X., ASENSIO, C. M., GADBAN, L. C., PECCI, M. D. L. P. G., CONLES, M. Y., & LUCINI, E. I. Essential oils and their combinations with iprodione fungicide as potential antifungal agents against the rot (*Sclerotium cepivorum* Berk) in garlic (*Allium sativum* L.) crops. **Industrial Crops and Products**, 85, 117-124, 2016.

COGLIATTI, M.; JUAN, V.F.; BONGIORNO, F.; DALLA, VALLE, H.; ROGERS, W.J. Control of grassy weeds in annual canarygrass. **Crop Protection**; 30(2): 125-129. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.002>.

CUSTÓDIO, A. A. P.; MOREIRA, L. S. O.; FANTIN, L.; OLIVEIRA, K. B.; CANTERI, M. G.; YADA, I. F. U. Eficiência de fungicidas no controle da mancha branca do milho segunda safra 2016 e 2017. Boletim técnico N° 93, **INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ- IPAR**, Londrina-PR, 2019.

DONNARUMMA, L.; MILANO, F.; TROTTA, S.; ANNESI, T. Use of essential oil in control strategies against Zucchini powdery mildew. **Journal of Phytopathology**, v. 163, n. 877-885, 2015.

ELLIS, M.B. Dematiaceous Hyphomycetes. Kew, **Commonwealth Mycological Institute**, 1971.

FERREIRA, T.P.S.; MOURÃO, D.S.C.; SANTOS, G.R.; GUIMARÃES, L.G.L.; PIRES, E.C.F.; SANTOS, W.F.; AGUIAR, R.W.S. Fungistatic activity of essential oil of *Lippia sidoides* Cham. against *Curvularia lunata*. **African Journal of Agricultural Research** 13:701-713, 2018. Disponível em: <https://doi.org/1010.5897/AJAR2018.12977>

FERRAZ, R. P.; CARDOSO, G. M.; DA SILVA, T. B.; FONTES, J. E. D. N.; PRATA, A. P. D. N.; CARVALHO, A. A.; BEZERRA, D. P. Antitumour properties of the leaf essential oil of *Xylopiya frutescens* Aubl.(Annonaceae). **Food chemistry**, 141(1), 196-200, 2013.

FIGUEIREDO, F. F. **Constituintes químicos e avaliação da atividade biológica de *Xylopiya frutescens* Aubl.(Annonaceae)**. 2019. Dissertação. (Mestrado em Ciências da Saúde) – [Repositório Institucional da UFPB. Centro de Ciências da Saúde \(CCS\) - Programa de Pós-Graduação em Produtos Naturais e Sintéticos Bioativos](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16280?locale=pt_BR). Disponível em: https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16280?locale=pt_BR. Acesso em: 01 fev. 2021.

FREITAS, S.P.; MOREIRA, J.G.; FREITAS, I.L.J.; FREITAS, S.P.J.R.; AMARAL, A.T. JR.; SILVA, V.Q.R. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho pipoca. **Planta Daninha**; 27(spe): 1095-1103, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-83582009000500023>

FOURNIER, G.; HADJIAKHOONDI, A.; LEBOEUF, M.; CAVÉ, A.; CHARLES, B.; FOURNIAT, J. Volatile constituents of *Xylopi frutescens*, *X. pynaertii* and *X. sericea*: Chemical and biological study. **Phytotherapy Research**, 8(3), 166–169, 1994. Disponível em: <https://doi:10.1002/ptr.2650080310>

GAO, S.; LIU, T.; LI, Y.; WU, Q.; FU K.; CHEN, J. Understanding resistant germplasm-induced virulence variation through analysis of proteomics and suppression subtractive hybridization in a maize pathogen *C. lunata*. **Proteomics**, 12:3524-3535, 2012.

GARCEZ, W. S.; GARCEZ, F. R.; DA SILVA, L. M.; SARMENTO, U. C. Substâncias de origem vegetal com atividade larvicida contra *Aedes aegypti*. **Revista Virtual de Química**, 5(3), 363-393, 2013.

GUILHERME, E. O., GIONGO, M. V., ARAUJO, S. H., FERREIRA, T. P., MORAES, C. B., MOURA, W. S., ... & SANTOS, G. R. Jenipapo, *Genipa americana* L., essential oil and *Curvularia lunata* control: Potential mode-of-action; plant immune responses and selectivity against beneficial non-target organisms. **Industrial Crops and Products**, 199, 116708, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116708>

JUNIOR, A. L. G.; COSER, E.; JÚNIOR, J. B. T.; & ITAKO, A. T. Controle alternativo com óleos essenciais sobre a germinação de escleródios do fungo *Sclerotinia sclerotiorum*. **Summa Phytopathologica**, 2017.

JUVEN, B.J; KANNER, J.; SHUED, F.; WEISSLOWIZ, H. Factors that interact with the antibacterial action of thyme essential oil and its active constituents. **Journal Applied Microbiology** 76:626-631, 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-672.1994.tb01661.x>

KOBAYASHI, B. F.; AMARAL, D. R. Efeito de extratos vegetais de plantas do Cerrado para controle de pinta-preta em tomateiro. **Summa Phytopathologica**, 44(2), 189-192, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2194>

LOPES, L. O.; LACERDA, J. J. J.; MIELEZRSKI, F.; RATKE, R. F.; LIRA, D. N. S.; PACHECO, L. P. (2017). Efeito de fungicidas para o controle da *Ramularia areola* na cultura do algodoeiro. **Summa Phytopathologica**, 43(3), 229-235. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2203>

MENDES, R. F. V. **Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais de *Xylopi frutescens* Aubl. (Annonaceae)**. 2018. Tese (Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação Ciências Farmacêuticas. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/33584>. Acesso em: 01 jan. 2022.

MOURÃO, D. S. C.; FERREIRA, S. P.,T.; SOUZA, D. J. D.; CHAGAS JÚNIOR, A. F.; DALCIN, M. S.; VELOSO, R. A.; ... & SANTOS, G. R. D. Essential oil of *Cymbopogon citratus* on the control of the *Curvularia* leaf spot disease on maize. **Medicines**, 4(3), 62, 2017.

MOURÃO, D. S. C.; SOUZA, M. R.; REIS, J. V. I. L.; FERREIRA, T. P. D. S.; OSORIO, P. R. A.; SANTOS, E. R.; ... & SANTOS, G. R. Fungistatic activity of essential oils for the control of bipolaris leaf spot in maize. **Journal of Medicinal Plants Research**, 13(12), 280-287, 2019.

MOSSINI, S.A.G.; KEMMELMEIER, C. A árvore Nim (*Azadirachta indica* A. Juss): múltiplos usos. **Acta Farmaceutica Bonaerense**, Buenos Aires, v.24, n.1, p.139-148, 2005.

NASCIMENTO, A. M. D.; MAIA, T. D. S.; SOARES, T. E. S.; MENEZES, L. R. A.; SCHER, R.; COSTA, E. V.; & LA CORTE, R. Repellency and larvicidal activity of essential oils from *Xylopi* *laevigata*, *Xylopi* *frutescens*, *Lippia* *pedunculosa*, and their individual compounds against *Aedes aegypti* Linnaeus. **Neotropical entomology**, 46(2), 223-230, 2017.

NASCIMENTO, M. N.; JUNQUEIRA, J. G. M.; TEREZAN, A. P.; SEVERINO, R. P.; SILVA, T. D. S.; MARTINS, C. H. G.; SEVERINO, V. G. Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Essential Oils from *Xylopi* *aromatica* (Annonaceae) Flowers and Leaves. **Revista Virtual de Química**, 10(5), 1578-1590, 2018.

NECHET, K. D. L. & HALFELD-VIEIRA, B. A. Efeito do inóculo, período de molhamento foliar e do estágio fenológico do feijão-caupi no desenvolvimento da mela. **Tropical Plant Pathology**, 36(2), 104-109, 2011.

NOSÉ, N. P., DALCIN, M. S., DIAS, B. L. I., TOLOY, R. S., MOURÃO, D. S. C., GIONGO, M., ... & DOS SANTOS, G. R. Noni essential oil associated with adjuvants in the production of phytoalexins and in the control of soybean anthracnosis. **Journal of Medicinal Plants Research**, 16(1), 1-10, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/JMPR2021.7154>

OLIVEIRA, M.; BARRETO A.; JÚNIOR, L. Q.; GUIMARÃES A. Aplicação de terpenos como agentes analgésicos: Uma prospecção tecnológica. **Revista GEINTEC**, v. 4, n. 4, p.1292-1298, 2014.

OKIGBO, R. N., NMEKA, I. A. Control of yam tuber rot with leaf extracts of *Xylopi* *aethiopica* and *Zingiber officinale*. **African Journal of Biotechnology**, 4(8), 804-807, 2005.

OSORIO, P. R. A.; LEÃO, E. U.; VELOSO, R. A.; MOURÃO, D. D. S. C.; SANTOS, G. R. D. Essential oils for alternative teak rust control. **Floresta e Ambiente**, 25(2), 2018.

RUFINO, C. P. B.; ARAÚJO, C. S.; NOGUEIRA, S. R. Desafios na utilização do controle biológico de doenças de plantas na Amazônia. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, 5(1), 2018.

SÁ, M. N. F.; DE SOUZA LIMA, J.; DE JESUS, F. N.; PEREZ, J. O.; GAVA, C. A. T. Seleção in vitro de agentes de biocontrole visando o controle de *Fusarium* sp. **Acta Brasiliensis**, 3(1), 14-16, 2019.

SANTOS, G.R.; CAFÉ-FILHO, A.C.; LEÃO, F.F.; CÉSAR, M.; FERNANDES, L.E. Progresso do crestamento gomoso e perdas na cultura de melancia. **Horticultura Brasileira**; 23(2): 228-232. 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362005000200013>.

SANTOS, G.R.; BRUM, R. B. C. S.; CASTRO, H. G.; GONÇALVES C. G.; FIDELIS, R. R. Efeito de óleos essenciais de plantas medicinais sobre a helmintosporiose do capim Tanzânia. **Revista Ciência Agronômica**, v.44, n.3, p.587-593, 2013.

SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow- mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, p. 1051-1056, 1977.

SCHNEIDER, R.W.; WILLIAMS, R.J.; SINCLAIR, J.B. *Cercospora* leaf sport of cowpea: models for estimating yield loss. **Phytopathology** 66:384-388, 1976.

SEIXAS, P.T.L.; CASTRO, H.C.; SANTOS, G.R.; CARDOSO, D.P. Fungitoxic activity of essential oil of citronella grass (*Cymbopogon nardus* L.) and compound citronellal. **Revista Brasileira Plantas Medicinai**s, Botucatu 13:523-526, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-05722011000500003>

SEIXAS, P. T. L.; CASTRO, H. G.; CARDOSO, D. P.; CHAGAS JUNIOR, A. F.; NASCIMENTO, I. R. Bioactivity of essential oils on the fungus *Didymella bryoniae* of the cucumber culture. **Brazilian Journal of Applied Technology For Agricultural Science**, v.5, n.3, p.61-66, 2012.

SOUSA, I. A. L.; BENCHIMOL, R. L.; SILVA, C. M.; SANTOS, A. K. A.; PINHEIRO, C. C. C.; CARVALHO, E. D. A. Potencial de biocontrole de *Rhizoctonia solani* do feijão-caupi. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

TEGANG, A. S.; BEUMO, T. M. N.; DONGMO P. M. J.; NGOUNE L. T. Essential oil of *Xylopi aethiopica* from Cameroon: Chemical composition, antiradical and in vitro antifungal activity against some mycotoxigenic fungi. **Journal of King Saud University - Science** p. 4–9, 2017.

WATANABE, T. **Pictorial atlas of soil and seed fungi**: morphologies of cultured fungi and key to species. 3ed. CRC press, 2010.

WEI, W.; LI, Y.; LI, H.; MA, K.; WANG, L.; GAO, K. Phytotoxic Diterpenoids from Plants and Microorganisms. **Chemistry & Biodiversity**, 16(10), e1900398, 2019.

ZANATTO, I. B.; BONALDO, S. M.; PEREIRA, C. S. Fungicides and ethanolic extract of propolis in the control of late season soybean diseases. **Revista de Ciências Agrárias**, 41(1), 171-180, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.19084/RCA17062>

ZAMBONELLI, A.; AULERIO, A.Z.; BIANCHI, A.; ALBASINI, A. Effects of essential oils on phytopathogenic fungi in vitro. **Journal of Phytopathology**. Berlim. v.144, p.491-494, 1996.

ZANELLA, C. D. S.; GAVASSONI, W. L.; BACCHI, L. M. A.; FORMAGIO, A. S. N. Efect of plant extracts applied in soil on and common bean plants. **Summa Phytopathologica**, 44(2), 156-163, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2187>