

## Fitoquímica e atividade antifúngica do extrato de folhas de *Piper marginatum* no controle de fitopatógenos

O emprego de extratos vegetais com potencial antifúngico pode ser uma opção para reduzir o uso de agroquímicos, evitar problemas ambientais, bem como a resistência de fitopatógenos. Objetivou-se caracterizar quimicamente e avaliar a atividade antifúngica do extrato etanólico de folhas da espécie *Piper marginatum* sobre os fungos fitopatogênicos *Alternaria* sp e *Colletotrichum musae*. O extrato etanólico foi obtido via Soxhlet, e o perfil químico caracterizado por Cromatografia em Camada Delgada (CCD). Nos ensaios antifúngicos, o extrato foi diluído em meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA) para obtenção das concentrações 10%, 20%, 30%, 40% e 50% e vertidos em placas de Petri contendo BDA, para deposição dos fitopatógenos após solidificação. O controle consistiu do semeio dos fungos em meio sem adição dos extratos. Os fitopatógenos *Alternaria* sp. e *C. musae* foram obtidos de eucalipto e banana. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial com quatro repetições. As avaliações foram realizadas medindo-se o diâmetro médio das colônias diariamente, durante cinco dias. A identificação do perfil cromatográfico de *P. marginatum* evidenciou a presença de taninos hidrolisáveis, fenilpropanoides, flavonoides e terpenoides. O fitopatógeno mais sensível à ação do extrato foi *C. musae*, a partir da concentração de 10%. As concentrações de 40 e 50% foram responsáveis por reduções de 10,9% e 20,2% no crescimento micelial deste fungo. Com isso, o extrato etanólico de *Piper marginatum*, pode ser considerado promissor para produção de um antifúngico natural na redução do uso de agroquímicos.

**Palavras-chave:** Controle alternativo; Extrato; *Piper marginatum*; *Colletotrichum musae*; *Alternaria* sp..

## Phytochemistry and antifungal activity of *Piper marginatum* leaf extract in the control of phytopathogens

The use of plant extracts with antifungal potential may be an option to reduce the use of agrochemicals, avoid environmental problems as well as the resistance of phytopathogens. The objective was to chemically characterize and evaluate the antifungal activity of the ethanolic extract of *Piper marginatum* leaves on phytopathogenic fungi *Alternaria* sp. and *Colletotrichum musae*. The ethanolic extract was obtained via Soxhlet, and the chemical profile characterized by Thin Layer Chromatography (TLC). In antifungal assays, the extract was diluted in potato-dextrose-agar (BDA) culture medium to obtain 10%, 20%, 30%, 40% and 50% concentrations and poured into BDA-containing Petri dishes for deposition of the extracts. phytopathogens after solidification. The control consisted of the sowing of the fungi in medium without addition of the extracts. Plant pathogens *Alternaria* sp. and *C. musae* were obtained from eucalyptus and bananas. The experimental design was completely randomized in a factorial scheme with four replications. Evaluations were performed by measuring the average diameter of the colonies daily for five days. The identification of *P. marginatum* chromatographic profile showed the presence of hydrolysable tannins, phenylpropanoids, flavonoids and terpenoids. The phytopathogen most sensitive to the action of the extract was *C. musae*, from the concentration of 10%. The concentrations of 40 and 50% were responsible for reductions of 10,9% and 20,2% in the mycelial growth of this fungus. With this, the ethanolic extract of *Piper marginatum* can be considered promising for the production of a natural antifungal in reducing the use of agrochemicals.

**Keywords:** Alternative control; Extract; *Piper marginatum*; *Colletotrichum musae*; *Alternaria* sp..

Topic: **Microbiologia Agrícola e Ambiental**

Received: **07/08/2018**

Approved: **17/08/2018**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

**Caroline Gomes Macêdo** 

Universidade Federal do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1637502954956396>  
<http://orcid.org/0000-0003-3715-1307>  
[carolgomesmacedo@hotmail.com](mailto:carolgomesmacedo@hotmail.com)

**Bruna Cristine Martins de Sousa**

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/2995856324286537>  
[bruna0909martins@hotmail.com](mailto:bruna0909martins@hotmail.com)

**Sidney Santos Fraga** 

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9282514002226634>  
<http://orcid.org/0000-0002-3831-6639>  
[sidneysf643@gmail.com](mailto:sidneysf643@gmail.com)

**Katiane Araújo Lourido** 

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7656086988352166>  
<http://orcid.org/0000-0002-3923-1899>  
[katialourido@gmail.com](mailto:katialourido@gmail.com)

**Denise Castro Lustosa** 

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8533910667262644>  
<http://orcid.org/0000-0001-7448-9564>  
[denise.lustosa@ufopa.edu.br](mailto:denise.lustosa@ufopa.edu.br)

**Edilene Oliveira da Silva** 

Universidade Federal do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7410116802190343>  
<http://orcid.org/0000-0001-6555-6868>  
[edilene@ufpa.br](mailto:edilene@ufpa.br)

**Kelly Christina Ferreira Castro** 

Universidade Federal do Oeste do Pará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7808307863026158>  
<http://orcid.org/0000-0001-9005-7016>  
[kelly\\_quimica@yahoo.com.br](mailto:kelly_quimica@yahoo.com.br)



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0009

### Referencing this:

MACÊDO, C. G.; SOUSA, B. C. M.; FRAGA, S. S.; LOURIDO, K. A.; LUSTOSA, D. C.; SILVA, E. O.; CASTRO, K. C. F.. Fitoquímica e atividade antifúngica do extrato de folhas de *Piper marginatum* no controle de fitopatógenos. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.9, n.6, p.70-77, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0009>

## INTRODUÇÃO

A sociedade vem se preocupando cada vez mais com o uso intensivo e indiscriminado de produtos químicos que causam diversos problemas ao meio ambiente e ao homem, como a contaminação de águas, solos, animais e alimentos; a intoxicação de agricultores; a eliminação de microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica ou de organismos utilizados em programas de controle biológico. Também se verifica uma crescente resistência de fitopatógenos, pragas e plantas daninhas a produtos químicos (SPADOTTO et al., 2004).

O controle de doenças causadas por fungos fitopatogênicos é realizado quase que exclusivamente com aplicações de agroquímicos de alta periculosidade, provocando diversos problemas ambientais e resistência dos patógenos a esses produtos. Assim, o emprego de extratos vegetais com potencial antifúngico pode ser uma opção para reduzir o uso de defensivos (SCHWAN-ESTRADA et al., 2003). Em relação à utilização do controle químico, um dos maiores perigos representados diz respeito aos efeitos que eles podem provocar na saúde das pessoas, principalmente daquelas que, no campo ou na indústria, ficam expostas ao contato direto com os agrotóxicos (LONDRES, 2011).

A busca crescente por produtos que apresentem baixa toxicidade ao homem, menor impacto ambiental e menores custos de aquisição vem fazendo crescer a utilização dos recursos naturais renováveis como fonte de novas substâncias bioativas (KIM et al., 2003; MENEZES, 2005; PANG et al., 2012). Dentre os métodos alternativos de controle, a utilização de extratos e óleos essenciais de plantas medicinais pode ser uma opção viável, em relação do ponto de vista econômico e principalmente ambiental (RODRIGUES et al., 2006).

O controle alternativo de doenças em plantas com óleos e extratos vegetais já foi relatado por alguns autores, como Venturoso et al. (2011), que verificou, *in vitro*, atividade antifúngica de extratos aquosos de cravo-da-índia, alho e canela sobre os fitopatógenos *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Colletotrichum* sp., *Phomopsis* sp., *Fusarium solani* e *Cercospora kikuchii*; Carnelossi et al. (2009), que constatou potencial dos óleos essenciais de *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus citriodora*, *Mentha arvensis* e *Artemisia dracuncululus* no controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de mamão, e Silva et al. (2007), que observou atividade antifúngica de óleos essenciais de *Piper callosum*, *Piper marginatum* var. *anisatum* e *Piper enckea* sobre *Moniliophthora perniciosa*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*.

O gênero *Piper* possui um grande número de espécies conhecidas popularmente como Pariparoba. No Brasil, cerca de 266 dessas espécies habitam lugares úmidos, quentes, várzeas de florestas tropicais e todos os tipos de vegetação, principalmente, a vegetação conhecida como pioneira (KATO et al., 2007). Esse gênero possui importância econômica através das indústrias farmacêuticas, alimentícia e de inseticidas, tendo em vista o seu uso terapêutico em diversas doenças, além de interesse comercial por meio da produção de óleos essenciais (MAIA et al., 1987; MESQUITA et al., 2005; REIGADA, 2009; SANTOS et al., 2001). A *Piper nigrum*, por exemplo, é uma espécie bastante difundida comercialmente pela produção de pimenta-do-reino através do fruto, sendo usada na culinária mundial como especiaria (SRINIVASAN, 2007).

Os estudos fitoquímicos das espécies de *Piper* têm levado ao isolamento de uma variedade de compostos fisiologicamente ativos pertencentes a diferentes classes de metabólitos secundários, tais como alcaloides, amidas, propenilfenóis, ligninas, neoligninas, terpenos, esteroides, kavalactonas, piperolidinas, chalconas, diidrochalconas, flavonas e flavononas, apresentando importantes atividades biológicas para este gênero (PARMAR et al., 1997).

A flora da Amazônia é bastante diversificada e em parte constituída por espécies nativas com características peculiares. Dentre essas, destaca-se *P. marginatum* Jacq, conhecida popularmente como malvaíscio, caapeba cheirosa, nhandi, nhandú, pimenta-do-mato e pimenta-dos-índios (GUIMARÃES et al., 2004). Ocorre nas Índias Ocidentais, América Central e na América do Sul, e no Brasil encontra-se nos estados do Amazonas, Pará, Ceará, Paraíba e Pernambuco (YUNCKER, 1972; GUIMARÃES et al., 2004). Abundante na Amazônia, *P. marginatum* é amplamente utilizada na medicina popular contra gonorreia, problemas da vesícula, tosse, baques, erisipela, queimaduras, dor de cabeça, gripe, furúnculos, alívio de dor, inchaço, inflamação das pernas, desinfetar e cicatrizar feridas, calmante, no tratamento de doenças do baço e fígado, como diurético, no tratamento de picadas de cobra e insetos, ação antiespasmódica (PEREIRA et al., 2007).

Estudos fitoquímicos com espécies de *Piper* demonstram uma grande diversidade de metabólitos secundários, inclusive com ação antifúngica (REIGADA et al., 2007; JOHNNY et al., 2011). Porém, poucas informações foram encontradas sobre a espécie *P. marginatum*, nativa do estado do Pará, e extração de seus compostos utilizando como solvente o etanol, que segundo Capello et al. (2007), é menos tóxico, biodegradável e ocasiona menor poluição ao meio ambiente em relação aos outros tipos de solventes. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a composição química e a atividade antifúngica do extrato etanólico de folhas da espécie *P. marginatum* sobre *Alternaria* sp. e *Colletotrichum musae*.

## METODOLOGIA

Para a obtenção do extrato etanólico, folhas de *P. marginatum*, conhecida popularmente como Cabeba-cheirosa, Nhandi, Pimenta-do-mato e Pimenta-dos-índios, foram coletadas em área de mata natural, situada na Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, no município de Santarém (PA) no período seco, mês de novembro, das 17h às 18h. O material vegetal foi identificado botanicamente e depositado no Herbário da UFOPA, sob o registro HSTM - nº 00370.

As folhas foram secas em estufa de circulação de ar a 40°C durante 3 dias, e posteriormente trituradas, pesadas (83g) e submetidas a extração via Soxhlet para obtenção do extrato etanólico bruto, por um período de quatro horas. Após evaporação do solvente, o extrato foi armazenado em frasco âmbar, devidamente identificado e acondicionado sob refrigeração à -10°C. O rendimento do extrato foi obtido por meio da fórmula:  $[\text{Massa do extrato (g)}/\text{Massa do material seco (g)}] \times 100$ .

O extrato etanólico de *P. marginatum* foi submetido a análise de cromatografia de camada delgada (CCD), para a obtenção perfil químico preliminar a fim de se avaliar as possíveis classes de substâncias como: taninos hidrolisáveis, cumarinas, terpenos e flavonóides. O extrato foi dissolvido em metanol correspondendo a uma concentração de 20mg/mL. Utilizou-se como fase móvel três sistemas de eluição:

Acetato de etila: Ácido fórmico: Ácido acético glacial: Água (AAAA) e Hexano: Acetato de etila: Ácido fórmico (HAA) e empregando como fase estacionária placas de alumínio TLC com fluorescência, de sílica gel 60 da Macherey-Nagel com área total de 50cm<sup>2</sup>.

Após a eluição do extrato nas placas cromatográficas, as manchas foram visualizadas em câmara de fluorescência com luz ultravioleta (UV) em 254 e 360nm e, em seguida, como reagente revelador utilizou-se Hidróxido de potássio (KOH) a 5% (m/v), Difetilboriloxietilamina (NP) a 1% (m/v), Vanilina sulfúrica à 1% (m/v) e Cloreto férrico a 1% (m/v), para cada classe de substâncias. Para a efetivação das reações com os reagentes reveladores específicos, para as classes de substâncias taninos e terpenos, submeteu-se cada placa em chapa de aquecimento a 100°C para revelar substâncias orgânicas presentes. Os resultados obtidos foram comparados com os padrões de referência, segundo metodologia adaptada por Wagner & Bladt (2001).

Na avaliação da atividade antifúngica do extrato de Cabeba-cheirosa foram utilizados os fungos fitopatogênicos *Alternaria* sp. e *C. musae* provenientes de folhas de eucalipto e frutos de banana, respectivamente, dos quais foram obtidas colônias axênicas para utilização no ensaio. Foram preparadas soluções contendo o extrato de *P. marginatum* e água destilada esterilizada, na proporção 1:1, sendo adicionado Polivinilpirrolidona (PVP), na concentração 1:4 (extrato: PVP). As soluções foram filtradas em membrana de Millipore® (0,22 µm), e colocadas em meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA), fundente (aproximadamente 45° C), para obtenção das seguintes concentrações: 10%; 20%; 30%; 40% e 50%.

Após a adição do extrato etanólico de *P. marginatum*, os meios foram homogêneos e vertidos em placas de Petri, onde depositou-se, centralmente, um disco (4mm) de BDA por placa, contendo as estruturas dos seus respectivos fitopatógenos (PINTO et al., 2003). O tratamento controle consistiu do cultivo dos fungos em BDA sem adição do extrato. Os fungos foram incubados a 25°C, sob fotoperíodo de 12h. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial, com quatro repetições. As avaliações foram realizadas medindo-se o diâmetro médio das colônias, diariamente, durante cinco dias. Os dados foram submetidos à ANOVA, comparando-se as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Sisvar 5.6.

## DISCUSSÃO TEÓRICA

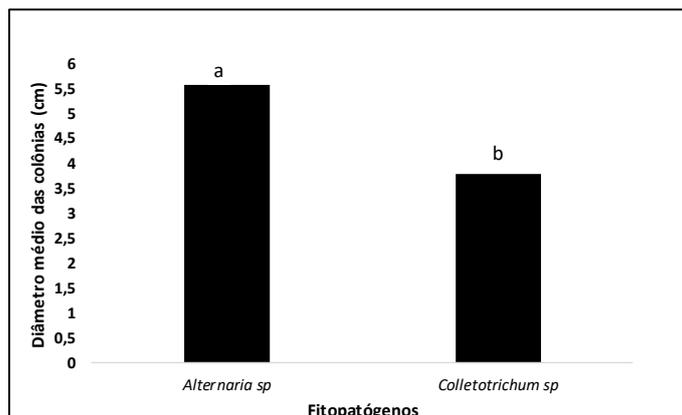
O rendimento do extrato etanólico de *P. marginatum*, a partir de 83 g de folhas secas e trituradas foi de 21,4%. Os resultados do perfil químico por CCD do extrato de *P. marginatum* evidenciaram a presença de taninos hidrolisáveis, flavonoides, terpenos e a ausência de cumarinas (tabela 1). Para o ensaio antifúngico, verificou-se diferença significativa tanto para os fatores isoladamente (fitopatógenos e concentrações), bem como para a interação entre eles ( $p \leq 0,05$ ). Em relação ao fator fitopatógenos, *C. musae* sp. foi o mais sensível ao extrato de *P. marginatum*, conforme se nota na figura 1, com redução de 1,5cm no diâmetro médio das colônias em relação a *Alternaria* sp.

**Tabela 1:** Classes de substâncias do extrato etanólico de folhas de *P. marginatum* por CCD.

Classes de substâncias	Extrato etanólico <i>Piper marginatum</i>	
	Presença/Ausência	Intensidade de Coloração

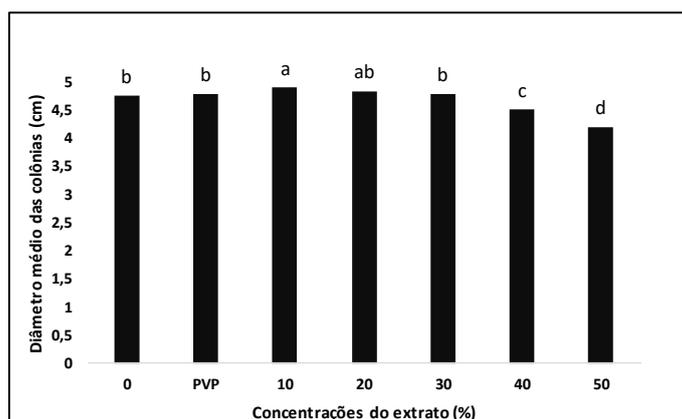
Taninos hidrolisáveis	+	+++
Cumarinas	-	-
Flavonoides	+	++
Terpenoides	+	+

**Legenda:** Presença (+); Ausência (-); Forte (+++); Moderada (++); Fraco (+).



**Figura 2:** Diâmetro médio das colônias dos fitopatógenos submetidos ao extrato da *Piper marginatum*. Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Considerando as concentrações do extrato etanólico de *P. marginatum*, verificou-se uma linearidade na redução do diâmetro médio das colônias com o aumento das concentrações, ilustrada na figura 2. A concentração de 50% proporcionou melhor ação antifúngica, com redução de 11,5% em relação ao controle. Analisando a interação entre os fatores (fitopatógenos x concentrações), apenas a concentração de 50% reduziu o diâmetro médio da colônia de *Alternaria sp.*, em relação ao controle. Enquanto que, *C. musae* teve seu crescimento diminuído, em relação ao tratamento controle, em todas as concentrações analisadas, diferindo também do fungo *Alternaria sp.* (tabela 2). As concentrações de 40% e 50% ocasionaram reduções de 10,9% e 20,2%, respectivamente, no crescimento micelial do isolado fúngico obtido dos frutos de banana. Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas nas colunas e pelas mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0,01$ ).



**Figura 3:** Diâmetro médio das colônias dos fitopatógenos submetidos às diferentes concentrações do extrato de *Piper marginatum*. Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

**Tabela 2:** Diâmetro médio das colônias de *Alternaria sp.* e *Colletotrichum musae* submetidos ao extrato etanólico de *Piper marginatum*, em diferentes concentrações.

Fitopatógenos	Diâmetro médio das colônias (cm)						
	Concentrações do extrato (%)						
	Controle	PVP	10	20	30	40	50
<i>Alternaria sp.</i>	5,42 aBC	5,52 aB	5,87 aA	5,85 aA	5,82 aA	5,37 aC	5,15 aD

<i>Colletotrichum</i> sp.	4,10 bA	4,05 bAB	3,92 bCB	3,85 bCD	3,75 bDE	3,65 bE	3,27 bF
CV (%)							1,21

**Legenda:** PVP: Polivinilpirrolidona.

A flora da Amazônia é bastante diversificada e em parte constituída por espécies nativas com características peculiares. Dentre essas, destaca-se *P. marginatum* Jacq., conhecida popularmente como malvaíscio, caapeba cheirosa, nhandi, nhandú, pimenta-do-mato e pimenta-dos-índios; encontra-se distribuída na América do Sul, na América Central e nas Antilhas; no Brasil, a espécie é encontrada em toda Região Norte (GUIMARÃES et al., 2004).

Pesquisas existentes de extratos oriundos das folhas de *P. marginatum* apontam para outras técnicas de extração, como por exemplo, maceração à frio, agitação constante, além da utilização de solventes de diferentes polaridades (ARAÚJO et al., 2014; DUARTE et al., 2004), o que dificulta a comparação com a literatura sobre rendimento. A espécie *P. arboreum*, quando submetida ao mesmo método de extração, apresentou um rendimento de apenas 6,9% (FIGUEREDO et al., 2014), sendo inferior ao obtido na espécie *P. marginatum*.

O perfil fitoquímico das espécies de *Piper* apresenta-se muito diversificado, sendo isolados compostos pertencentes às mais diferentes classes de metabólitos secundários, incluindo amidas, lignanas, hidroquinonas, neolignanas, alcaloides, terpenos, derivados do ácido benzoico e aristolactamas (PARMAR et al., 1997; YAMAGUCHI et al., 2006), corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. A presença ou ausência de metabólitos secundários também pode ser atribuídas a fatores ligados à estímulos ambientais como: sazonalidade, temperatura, disponibilidade hídrica, nutrientes presentes no solo, entre outros (GOBBO-NETO et al., 2007).

Araújo et al. (2014) verificou inibição no crescimento micelial de *Colletotrichum scovillei* pelo extrato metanólico de *P. marginatum*; os resultados encontrados neste trabalho com o extrato etanólico desta espécie sobre *Colletotrichum musae* também foram significativos. Espécies do gênero *Piper* já foram testados contra alguns fitopatógenos *in vitro*. Silva et al. (2007) avaliou os óleos essenciais de *Piper callosum*, *P. marginatum* var. *anisatum* e *Piper enckea* sobre *Moniliophthora perniciosa*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*, constatando que os óleos de *P. callosum* e *P. enckea* foram mais efetivos; Extrato de *Piper chaba* inibiu o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum*, *P. capsici*, *Colletotrichum capsici*, *F. solani* e *Rhizoctonia solani* (RAHMAN et al., 2011).

Santos et al. (2014), avaliando o extrato de aroeira (*Schinus terebinthifolius*), *in vitro*, observou efeito fungitóxico capaz de inibir o desenvolvimento de diversos fungos, incluindo *C. gloeosporioides*, porém, testando o extrato aquoso e o hidrolato de sementes dessa espécie, os efeitos não foram favoráveis, em nenhuma das concentrações, no combate a este fungo em goiaba. Rozwalka (2008) observou que o extrato aquoso de cancorosa (*Jodina rhombifolia*) inibiu em apenas 9,07% o crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides* demonstrando baixa eficiência desse extrato quando comparado ao obtido de cravo-da-índia (*Syzygium aromaticum*), que inibiu em 100% o crescimento do fungo, em meio BDA, na concentração de 10%.

Ranasinghe et al. (2002), utilizou as plantas medicinais cravo-da-índia e canela (*Cinnamomum zeylanicum*) que apresentaram efeito fungistático e fungicida contra *Colletotrichum musae* e *Fusarium proliferatum*, ambos patógenos da bananeira. Os resultados encontrados para o fungo *Alternaria* sp. deve-se ao fato que, os metabólitos secundários obtidos de plantas podem afetar de forma distinta os diferentes fitopatógenos, até mesmo espécies dentro de um mesmo gênero.

Além de permitir a aquisição de conhecimentos sobre os efeitos positivos das plantas medicinais, os resultados podem contribuir para a manutenção do equilíbrio ambiental e de uma agricultura mais sustentável. Que irão ajudar positivamente na redução de perdas na produção agrícola, redução de problemas relacionados à intoxicação alimentar, causado pelos fitopatógenos e principalmente redução na contaminação das águas subterrâneas e superficiais, da atmosfera e dos solos

## CONCLUSÕES

O extrato etanólico de *P. marginatum* apresentou taninos hidrolisáveis, fenilpropanoides, flavonoides e terpenoides na sua composição química. Foi observada atividade antifúngica sobre o fitopatógeno *C. musae*, em todas as concentrações testadas. Estes resultados viabilizam a realização de fracionamentos e ensaios *in vitro* e *in vivo*, visando a identificação e isolamento dos compostos bioativos para a formulação de produtos alternativos no controle da antracnose.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. R.; HARAND, W.; LIMA, I. C.; DIAS, F. C. R.; SANTANA, A. A. D.; CARVALHO, R. R. C.; LARANJEIRA, D.. Extratos de *Piper marginatum* e *Azadirachta indica* no controle de *Colletotrichum scovillei* em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.2, p.88-94, 2014. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000200002>
- CAPELLO C.; FISCHER, U.; HUNGERBUHLER, K.. What is a green solvent? A comprehensive framework for the environmental assessment of solvents. **Green Chemistry**, v.9, p.927-934, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1039/B617536H>
- CARNELOSSI, P. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; MESQUINI, R. M.. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.11, n.4, p.399-406, 2009.
- DUARTE, M. C. T.; FIGUEIRA, G. M.; PEREIRA, B.; MAGALHÃES, P. M.; DELARMELENA, C.. Atividade antimicrobiana de extratos hidroalcoólicos de espécies da coleção de plantas medicinais CPQBA/UNICAMP. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.14, p.6-8, 2004.
- FIGUEREDO, F. G.; TINTINO, S. R.; BRITO, D. I. V.; BRAGA, M. F. B. M.; LEITE, N. F.; LUCENA, B. F. F.; SOBRAL-SOUSA, C. E.; GOMEZ, M. C. V.; COUTINHO, H. D. M.. Avaliação das potenciais atividades tripanocida e antileishmania do extrato de folhas de *Piper arboreum* (*Piperaceae*) e de suas frações. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.35, n.1, p.149-154, 2014.
- GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P.. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v.30, n.2, p.374-381, 2007.
- GUIMARÃES, E. F.; GIORDANO, L. C. D. S.. *Piperaceae* do Nordeste brasileiro: estado do Ceará. **Rodriguésia**, v.55, n.84, p.21-46, 2004.
- JOHNNY, L.; YUSUF, U. K.; NULIT, R.. Antifungal activity of selected plant leaves crude extracts against a pepper anthracnose fungus, *Colletotrichum capsici* (Sydow) butler and bisby (*Ascomycota: hyllachorales*). **African Journal of Biotechnology**, v.10, p.4157-4165, 2011. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB10.2085>
- KATO, M. J.; FURLAN, M.. Chemistry and evolution of the *Piperaceae*. **Pure and Applied Chemistry**, v.79, n.4, p.529-538, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1351/pac200779040529>
- KIM, S. I.; ROH, J. Y.; KIM, D. H.; LEE, H. S.; AHN, Y. J.. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. **Journal of Stored Products Research**, v.39, n.3, p.293-303, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0022-474X\(02\)00017-6](http://doi.org/10.1016/S0022-474X(02)00017-6)
- LONDRES, F.. **Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida**. Rio de Janeiro: 2011.
- MAIA, J. G. S.; SILVA, M. L.; LUZ, A. I. R.; ZOGHBI, M. G. B.; RAMOS, L. S.. Espécie de *Piper* da Amazônia Ricas em Safról. **Química Nova**, p.200-204, 1987.

MENEZES, E. L. A.. **Inseticidas botânicos**: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica: Embrapa, 2005.

MESQUITA, J. M. O.; CAVALEIRO, C.; CUNHA, A. P.; LOMBARDI, J. A.; OLIVEIRA, A. B.. Estudo comparativo dos óleos voláteis de algumas espécies de *Piperaceae*. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.1, p.6-12, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0102-695X2005000100003>

PANG, Y. P.; BRIMIJOIN, S.; RAGSDALE, D. W.; ZHU, K. Y.; SURANYI, R.. Novel and viable acetylcholinesterase target site for developing effective and environmentally safe insecticides. **Current Drug Targets**, n.4, 2012. DOI: <http://doi.org/10.2174/138945012799499703>

PARMAR, V. S.; JAIN, S. C.; BISHT, K. S.; JAIN, R.; TANEJA, P.; JHA, A.; TYAGI, O. D.; PRASAD, A. K.; WENGEL, J.; OLSEN, C. E.; BOLL, P. M.. Phytochemistry of the genus *Piper*. **Phytochemistry**, v.46, n.4, p.597-673, 1997. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0031-9422\(97\)00328-2](http://doi.org/10.1016/S0031-9422(97)00328-2)

PEREIRA, L. A.; SILVA, R. B. L.; GUIMARÃES, E. F.; ALMEIDA, M. Z.; MONTEIRO, E. C. Q.; SOBRINHO, F. A. P. Plantas medicinais de uma comunidade quilombola na Amazônia Oriental: aspectos utilitários de uma espécie das famílias *Piperaceae* e *Solanaceae*. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.1385-1388, 2007.

PINTO, T. J. A.; KANEKO, T. M.; OHARA, M. T.. **Controle biológico de qualidade de produtos farmacêuticos, correlatos e cosméticos**. 2 ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

RAHMAN, A.; AL-REZA, S.M.; KANG, S.C. Antifungal activity of essential oil and extracts of *Piper chaba* Hunter against phytopathogenic fungi. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.88, p.573-579, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11746-010-1698-3>

RANASINGHE, L.; JAYAWARDENA, B.; ABEYWICKRAMA, K.. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr and L.M Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. **Microbiology**, v.35, p.208-211, 2002. DOI: <http://doi.org/10.1046/j.1472-765X.2002.01165.x>

REIGADA, J. B.. **Bioprospecção em espécies de Piperaceae**. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

REIGADA, J. B.; TCACENCO, C. M.; ANDRADE, L. H.; KATO, M. J.; PORTO, A. L. M.; LAGO, J. H. G.. Chemical constituents from *Piper marginatum* Jacq. (*Piperaceae*) - antifungal activities and kinetic resolution of (RS)-marginatumol by *Candida antarctica* lipase (Novozym 435). **Tetrahedron: Asymmetry**, v.18, p.1054-1058, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.tetasy.2007.05.006>

RODRIGUES, E.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S.; FIORI-TUTIDA, A. C. G.. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de gengibre e eucalipto *in*

*vitro* e em fibras de bananeira infectadas com *Helminthosporium sp.* **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.28, n.1, p.123-127, 2006. DOI: <http://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i1.1696>

ROZWALKA, L. C.; LIMA, M. L. R. Z. D. C.; MIO, L. L. M.; NAKASHIMA, T.. Extratos, decoctos e óleos essenciais de plantas medicinais e aromáticas na inibição de *Glomerella cingulata* e *Colletotrichum gloeosporioides* de frutos de goiaba. **Ciência Rural**, v.38, p.301-307, 2008. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0103-84782008000200001>

SANTOS, M. C.; OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; OLIVEIRA, L. F. M.; CARVALHO, C. R. D.; GAGLIARDI, P. R.. Perfil volátil e potencial fungitóxico do hidrolato e extrato de sementes e folhas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Revista Ciência Agrônômica**, v.45, n.2, p.284-289, 2014.

SANTOS, P. R. D.; MOREIRA, D. L.; GUIMARÃES, E. F.; KAPLAN, M. A. C.. Essential oil analysis of 10 *Piperaceae* species from the Brazilian Atlantic forest. **Phytochemistry**, v.58, n.4, p.547-551, 2001. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0031-9422\(01\)00290-4](http://doi.org/10.1016/S0031-9422(01)00290-4)

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; CRUZ, M. E. S. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, p. 54-56, 2003.

SILVA, D. M. M. H.; BASTOS, C. N.. Atividade antifúngica de óleos essenciais de espécies de *Piper* sobre *Crinipellis pernicioso*, *Phytophthora palmivora* e *Phytophthora capsici*. **Fitopatologia Brasileira**, v.32, n.2, p.143-145, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-41582007000200008>

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M. M.. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. **Embrapa Meio Ambiente. Documentos**, Jaguariúna, v.42, p.1-24, 2004.

SRINIVASAN, K.. Black Pepper and its Pungent Principle- Piperine: A Review of Diverse Physiological Effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.47, p.735-748, 2007. DOI: <http://doi.org/10.1080/10408390601062054>

VENTUROSO, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; CONUS, L. A.; PONTIM, B. C. A.; BERGAMIN, A. C. Atividade antifúngica de extratos vegetais sobre o desenvolvimento de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, v.37, n.1, p.18-23, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-54052011000100003>

WAGNER, H.; BLADT, S.. **Plant drug analysis: a thin layer chromatography atlas**. 2 ed. Berlin: Springer, 2001.

YAMAGUCHI, L. F.; LAGO, J. H. G.; TANIZAKI, T. M.; MASCIU, P. D.; KATO, M. J.. Antioxidant activity of prenylated hydroquinone and benzoic acid derivatives from *Piper crassinervium* Kunth. **Phytochemistry**, v.67, p.1838-1843, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.phytochem.2006.03.001>

YUNCKER, T. G.. The *Piperaceae* of Brazil: I-Piper-Group I, II, III, IV. **Hoehnea**, v.2, p.19-366, 1972.