

Avaliações antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne e *Hymenaea courbaril* L.

Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho^{a*}, Josemar Gonçalves de Oliveira Filho^b,
Carlos Frederico de Souza Castro^a

^a Instituto Federal Goiano, Brasil

^b Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho, Brasil

* Autor correspondente (astronomoamadorgoias@gmail.com)

INFO

Keywords

biological activity
volatile oil
fruit shell
DPPH
Sclerotinia
Aspergillus
Colletotrichum

Palavras-chaves

atividade biológica
óleo volátil
casca fruto
DPPH
Sclerotinia
Aspergillus
Colletotrichum

ABSTRACT

Antifungal and antioxidant evaluations of the essential oils from Hymenaea stigonocarpa Mart. ex Hayne and Hymenaea courbaril L.

Hymenaea stigonocarpa and *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* are plant species belonging to the Leguminosae family, found in the Cerrado domain. They present annual fruiting with fruits with dense and aromatic peel. The objective of this work was to evaluate the yield, antioxidant and antifungal activities of pure oil and mix (mixture of both oils in equal concentration). For extraction, *Clevenger* type equipment was used, the yield was determined in percentage. The antioxidant activity was determined in microplates using the DPPH radical as a model in the following concentrations, starting from pure oil, 50, 40, 30, 20, 10, 5, 2.5 and 1.25 $\mu\text{L mL}^{-1}$. The antifungal activity was evaluated by agar diffusion using successive dilutions of pure essential oil and in concentrations of 50, 25, 12.5, 6.25, 3.13 and 1.56 $\mu\text{L mL}^{-1}$ and mix mixture of both oils in equal parts in DMSO, on *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum* and *gloeosporioides*, and for *Aspergillus flavus* and *niger*. The yield was 0.04 and 0.06% for *H. stigonocarpa* and *H. courbaril*, respectively. The antioxidant activity showed good results, for both essential oils of *H. stigonocarpa* and *H. courbaril* with high reduction of DPPH radical to pure and in concentrations 50 and 40 $\mu\text{L mL}^{-1}$. For the mix, the concentration is 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$, a rate of 72% reduction. In the antifungal experiment, high efficiency was observed in the growth control of hyphae for the essential oil of *H. stigonocarpa* with 83% on *Sclerotinia sclerotiorum*, 75% on *C. acutatum*, and for *A. flavus* with 55%, respectively. For *H. courbaril* essential oil, an inhibition rate of 100% was observed for *S. sclerotiorum*, 100% for *C. gloeosporioides* and 70% for *A. flavus*. The essential oils mix showed a reduction in growth of 88% for *S. sclerotiorum*, 56% for *C. gloeosporioides* and 42% for *A. niger*. Pure and mix essential oils showed promising results as natural antioxidant and antifungal agents *in vitro*.

RESUMO

Hymenaea stigonocarpa e *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* são espécies vegetais pertencentes a família Leguminosae, sendo encontrados no domínio Cerrado. Apresentam frutificação anual com frutos com casca densa e aromática. O trabalho teve por objetivo avaliar o rendimento, e as atividades antioxidante e antifúngica do óleo puro e mix (mistura de ambos os óleos em igual concentração). Para extração, foi utilizado equipamento tipo *Clevenger*, o rendimento foi determinado em porcentagem. A atividade antioxidante foi determinada em microplacas utilizando como modelo o radical DPPH nas seguintes concentrações, partindo do óleo puro, 50, 40, 30, 20, 10, 5, 2,5 e 1,25 $\mu\text{L mL}^{-1}$. A atividade antifúngica foi avaliada por difusão em ágar utilizando sucessivas diluições de óleo essencial puro e nas concentrações 50, 25, 12,5, 6,25, 3,13 e 1,56 $\mu\text{L mL}^{-1}$ e mix mistura de ambos os óleos em partes iguais em DMSO, sobre *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum* e *gloeosporioides*, e para *Aspergillus flavus* e *niger*. O rendimento foi de 0,04 e 0,06% para *H. stigonocarpa* e *H. courbaril*, respectivamente. A atividade antioxidante apresentou bons resultados, para ambos os óleos essenciais de *H. stigonocarpa* e *H. courbaril* com alta redução do radical DPPH para puro e nas concentrações 50 e 40 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Já para o mix a concentração 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$ taxa de 72% de redução. No experimento antifúngico foi observada alta eficiência no controle de crescimento das hifas para o óleo essencial de *H. stigonocarpa* com 83% sobre *Sclerotinia sclerotiorum*, 75% sobre *C. acutatum*, e para *A. flavus* com 55%, respectivamente. Para o óleo essencial de *H. courbaril* foi observada taxa de inibição de 100% para *S. sclerotiorum*, 100% para *C. gloeosporioides* e de 70% para *A. flavus*. Já para o mix de óleos essenciais foi observada redução no crescimento de 88% para *S. sclerotiorum*, 56% *C. gloeosporioides* e de 42% para *A. niger*. Os óleos essenciais puros e mix apresentaram resultados promissores como agentes antioxidantes e antifúngicos naturais *in vitro*.

Received 03 January 2020; Received in revised from 25 May 2020; Accepted 20 June 2020

INTRODUÇÃO

A família Leguminosae inclui aproximadamente 727 gêneros e mais de 19.327 espécies, estando presente em todos os continentes, exceto na Antártida. No Brasil são registrados 221 gêneros e mais de 2.809 espécies, sendo 156 gêneros e 925 espécies (Souza et al., 2016). Conforme Souza et al. (2016), De Candolle (1825), posicionou *Hymenaea* na tribo *Cassieae* (Caesalpinioideae), entretanto, estudos posteriores consideram o gênero inserido em *Detarieae* (Mackinder, 2005). Estudos genéticos e de sistemática sustentam o monofiletismo da tribo *Detarieae*, sendo o clado *Hymenaea* apresentando estreita afinidade entre os gêneros *Hymenaea*, *Guibourtia* Benn. e *Peltogyne* Vogel.

O gênero *Hymenaea*, tem entre diversas espécies, os indivíduos *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne conhecido por “jatobá-do-cerrado” e o *Hymenaea courbaril* L. conhecido popularmente por “jatobá-do-campo”. Lee e Langenheim (1975) propuseram em revisão do gênero o reconhecimento de duas seções: 1ª *Hymenaea* apresentando características nas inflorescências curto-paniculadas, com 8-15 cm compr., corimbosas quando maduras, e flores de tamanho médio; e 2ª *Trachylobium* (Hayne) Baill., por inflorescências longo-paniculadas, com 18-35 cm compr., com flores pequenas. Nos estudos de Pestana (2010), o pesquisador propôs sinonimizadas da espécie dúbia *H. capanema* a *H. courbaril* var. *courbaril*, e das variedades de *H. stigonocarpa*.

Hymenaea é um gênero neotropical, com distribuição disjunta na costa leste da África onde ocorre apenas uma espécie (Mackinder, 2005). Um total de 17 espécies, sendo 15 são citadas somente no Brasil, sendo utilizadas para extração de madeira, resina, casca, folhas e frutos (Lima; Pinto, 2015; Souza, 2013; Aquino et al., 2007).

Ambas as espécies são encontradas no domínio Cerrado, apresentando anualmente grandes safras de frutos que servem de alimento para roedores, veados e também para o homem do campo. Os frutos apresentam casca dura e densa, contendo nesta, resina e óleo essencial (OE) com aroma forte e característico (Menezes Filho et al., 2018; Carvalho Filho et al., 2003; Botelho et al., 2000; Silva et al., 1998).

Os óleos essenciais (OEs) são produtos do metabolismo secundário dos vegetais, sendo produzido naturalmente, estando envolvidos no processo de polinização, na defesa, agindo contra

animais herbívoros, insetos e em fitopatologias as quais podem levar o vegetal à morte. São extraídos através das técnicas por arraste a vapor ou por prensagem a frio, esta última, menor difundida entre os químicos orgânicos que trabalham com produtos naturais, há outras técnicas, estas mais atuais utilizando fluido supercrítico, enflourage, por solventes que estão sendo empregadas na extração de OEs (Bizzo et al., 2009). Os OEs são compostos principalmente por monoterpenos, diterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides, esta constituição confere as características organolépticas e biológicas, ações com atividade atinfúngica e antibacteriana, dentre outras, como antioxidante, antiinflamatória, antitumoral, anti-hiperlipidêmico, imunomodulador, antinociceptivos, citotóxicos e antivirais (Fallah et al., 2020; Lima et al., 2006; Jahani et al., 2005; Glshani et al., 2004; Amirhofran et al., 2000; Sajjadi et al., 1998), sendo também populares entre as indústrias farmacêuticas, de alimentos, de perfumaria e de cosméticos (Himed et al., 2019).

Agentes antioxidantes naturais são compostos de classes químicas produzidas naturalmente pelas plantas através do metabolismo secundário do vegetal. Os OEs apresentam ser eficientes na função de proteção contra inúmeros radicais livres que constantemente são absorvidos pelo nosso organismo. A oxidação é o processo metabólico que possui a função de produzir energia para atividades essenciais na manutenção do corpo. O metabolismo do O₂ nas células humanas e de animais, levam a produção de radicais livres que são responsáveis por provocar danos ao organismo em nível celular, na molécula de ácido desoxirribonucléico (DNA), no tecido lipídico, em proteínas, dentre outras (Roesler et al., 2007). De acordo com Shami e Moreira (2004), dentre os radicais livres estão incluídos o superóxido (O₂⁻), a hidroxila (OH^{*}), o hidroperóxido (HO₂^{*}), o óxido nítrico (NO^{*}) e o dióxido de nitrogênio (NO₂^{*}). A efetiva atividade antifúngica também é observada em inúmeros OEs contra agentes fúngicos causadores de doenças em humanos, animais e em vegetais agricultáveis.

O *Sclerotinia sclerotiorum* conhecido por “mofo-branco ou podridão branca da haste da soja” ataca anualmente plantações de soja e feijão causando perdas de produtividade. Este fungo produz escleródios que podem ficar viáveis no solo por até 11 anos, sendo difícil sua erradicação, pois os fungicidas sintéticos não demonstram serem eficientes na eliminação desta forma

reprodutiva (Silva et al., 2018; Garcia et al., 2012). Este é um fungo terrícola, necrotrófico, cosmopolita e inespecífico que ataca diversas espécies vegetais em monocotiledôneas e dicotiledôneas de amplo espectro agrônomico (Boland e Hall, 1994), sendo patogênico para 78 famílias, 278 gêneros e 408 espécies de plantas com importância econômica (Putrick et al., 2018).

O *Colletotrichum* é outro gênero fúngico que apresenta inúmeras espécies de grande importância fitopatológica na agricultura, causando diversas doenças conhecidas por antracnose. As espécies, *C. gloeosporioides* e *C. acutatum* causam consideráveis perdas econômicas em diversas fruticulturas ainda na fase de desenvolvimento e de pós-colheita (Ramos et al., 2016). A antracnose está presente em regiões tropicais e subtropicais, com clima propício para a fácil proliferação entre as frutas, em um curto intervalo de contaminação. Os fungos do gênero *Colletotrichum* se desenvolvem bem em culturas de mamão, manga, abacate, morango, pera, banana, caju, maracujá e em goiabas (Da Silva et al., 2009; Filho et al., 2003).

Menção também deve ser feita para outro gênero de fungos fitopatológicos e patológicos (Deus et al., 2011). O gênero *Aspergillus*, apresenta dezenas de espécies, em especial, o *A. flavus* e *A. niger*. Os representantes do gênero *Aspergillus* são considerados fungos persistentes durante o armazenamento, deteriorando principalmente grãos e sementes, produzindo a partir do seu metabolismo secundário micotoxinas e aflatoxinas (Terra, 2005; Athié et al., 1998). Esse gênero fúngico pode causar distúrbios alimentares, podendo estar ligados a diversos tipos de cânceres, bem como, no aumento das células CD4 em portadores do vírus da imunodeficiência adquirida (HIV), e também por causarem a “aspergilose” como é conhecido o grupo de doenças causadas por espécies termotolerantes de *Aspergillus* (Lopes et al., 2004). De acordo com Lima et al. (2014), os *Aspergillus* representam cerca de 10% das infecções fúngicas em seres humanos e em animais. Os principais grãos contaminados por esse gênero são amendoim, grão-de-bico, soja, milho e sorgo, bem como podem estar presentes no óleo fixo onde diminuem os valores nutricionais do produto, podendo também ocasionar óbito entre humanos e animais (De Souza et al., 2010; Dhingra e Coelho Neto, 1998; Engle et al., 1982).

O uso de fungicidas sintéticos apresentam efetiva atividade antifúngica, entretanto, o uso

descontrolado aliado a falta de rotação de culturas, trazem sérias desvantagens para o meio ambiente, aos aplicadores e aos consumidores, além disso, ocasiona o desenvolvimento de formas resistentes de fitopatógenos (Celoto et al., 2008). A busca por alternativas mais conscientes visando a produção agrícola e a preservação do meio ambiente, a saúde humana e o bem estar animal, inúmeros trabalhos vem sendo desenvolvidos utilizando extratos vegetais, óleos fixos e OEs. E entre eles, vários apresentam importantes resultados equiparáveis aos agentes fungicidas comerciais (Hüller et al., 2019; Tico et al., 2019).

O trabalho teve por objetivo avaliar as características antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais das cascas dos frutos de *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* puro e em mix (mistura de óleos essenciais na concentração (1:1)) sobre *S.sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum acutatum*, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger*.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e identificação

Os frutos de *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* foram coletados no período entre março a outubro de 2019, em duas áreas de preservação permanentes (APPs), localizadas no município de Rio Verde, Goiás, Brasil. As áreas de coletas foram georreferenciadas para *H. stigonocarpa* 17°47'20.5''S 50°57'53.9''W e *H. courbaril* 17°34'45.1''S 50°56'45.5''W.

As espécies foram identificadas pelo Biólogo Msc. Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho, sendo duas exsicatas herborizadas, identificadas e depositadas no Herbário do IF Goiano, com os seguintes vouchers HRV: 1.461 e 1.462.

Os frutos foram coletados manualmente na serrapilheira, e levados para o laboratório de Química Tecnológica onde foram previamente lavados com água corrente e secos a temperatura ambiente para a retirada da casca, arilo com sementes com auxílio de um martelo.

Após retirada da casca, essa foi novamente triturada com auxílio do martelo em seixos de 1 cm (tamanho máximo). Em seguida, o material foi triturado em moinho de facas tipo ciclone Willye (Fortinox, Mod. Star FT-60 Macro). O moinho apresenta peneira granulométrica de 32 mesh interna. O pó obtido da casca, foi armazenado em embalagem para alimentos e mantida em refrigeração a -8 °C em freezer até a etapa de

obtenção do OE.

Extração e rendimento de óleo essencial

Para a extração do OE, foi utilizado sistema tipo *Clevenger* (Marconi, Mod. MA553/2000), em refluxo por 4 horas. Para isso, três alíquotas de 100 g de pó foram pesadas em balança analítica digital (Marte, Mod. W220) e transferidas para balões de 2 L (Laborglas), acrescidos com 500 mL de água destilada. Após esse tempo, o hidrolato foi recolhido e transferido para funil de separação de 500 mL (Laborglas), onde foi lavado três vezes com 10 mL de diclorometano (Alphatec, P.A – ACS, pureza 99,9%). A fase orgânica foi recolhida e seca com sulfato de sódio anidro (Fmaia, P.A – ACS, pureza 100%), e em seguida, filtrado em papel de filtro qualitativo (Unifil, C42). O sobrenadante foi armazenado em frasco tipo béquer de 150 mL (Laborglas) envolto em papel alumínio com pequenos furos para a volatilização do solvente. O sistema foi mantido em ambiente climatizado com temperatura a 20 °C até completa evaporação do solvente. Logo após, o OE foi pesado em balança analítica digital, e sua massa expressa em porcentagem de rendimento de extração (%).

Atividade bioativa

A atividade bioativa foi determinada conforme descrito por Mezza et al. (2018) com modificações. Utilizou-se o radical livre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH) (Sigma-Aldrich, P.A – ACS, pureza 100%). O ensaio antioxidante foi realizado pelo método de microdiluição em microplacas de 96 poços (Videplast), utilizando leitora de microplacas UV-Vis (Hexis Científica, Mod. Sectramax 190). Para cada poço foram adicionados 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$ de solução metanólica de DPPH na concentração 0,06 mMol mL^{-1} , e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$ de OE diluído em metanol (Diâmica, P.A – ACS, pureza, 99,8%) nas seguintes diluições com concentrações de 50, 40, 30, 20, 10, 5, 2,5 e 1,25 $\mu\text{L mL}^{-1}$.

Neste experimento, foi avaliado a porcentagem de redução do radical livre em diferentes concentrações de OE individualmente e por mix (1:1) entre os OEs de *Hymenaea*, como citado anteriormente. A microplaca com as amostras foi mantida em ambiente a 20 °C na ausência de luz.

A leitura foi realizada no comprimento de ondas em 517 nm, após 1 h. para óleo essencial puro (OE puro), e de 35 min. óleo essencial mix (Mix OEs) após o início da reação. Uma curva padrão foi realizada com a solução de DPPH na concentração 0,06 mMol. Como controle negativo utilizou-se a solução mãe de DPPH 0,06 mMol, e como branco o metanol. Os resultados foram expressos em porcentagem de redução de DPPH (%).

Atividade antifúngica em difusão em ágar

Para determinação da atividade antifúngica sobre os isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum* e *Aspergillus flavus*, foi realizado em diferentes concentrações OE puro, e para *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Aspergillus niger*, foi utilizado mix dos OEs em ambas as espécies vegetais de *Hymenaea*. A metodologia em difusão em ágar foi empregada neste estudo.

Os isolados de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *A. niger* e *A. flavus*, foram coletados em campos de cultura de soja no município de Jataí, em fruticulturas de mamoeiro e maracujazeiros nos municípios de Itumbiara e Morrinhos, e em bagaços da cultura de cana-de-açúcar em Rio Verde, Goiás, Brasil. As culturas foram mantidas em meio batata, dextrose e ágar (Kasvi, BDA). Os isolados foram doados pelos laboratórios de Química Tecnológica e de Produtos Naturais do IF Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, e mantidos em banco micológico no laboratório de Química Tecnológica na mesma instituição. A atividade antifúngica dos OEs sobre o crescimento micelial dos isolados fúngicos, foi avaliado através de diferentes concentrações, partindo do OE puro 100, e sucessivas diluições 50; 25; 12,5; 6,25; 3,13 e 1,56 $\mu\text{L mL}^{-1}$ em dimetilsulfóxido (DMSO) (Vetec, P.A – ACS, pureza 99,7%). Como controle negativo, utilizou-se a testemunha (ausência de óleo essencial) e DMSO puro, e como controle positivo fungicida comercial *Frownicide*® 500 SC (ISK, Fluazinam), registro no Ministério da Agricultura nº 7695, na concentração de 10 $\mu\text{L mL}^{-1}$.

As concentrações dos OEs foram adicionadas ao meio de cultura BDA após esterilização e resfriamento, bem como para os tratamentos com o fungicida comercial e DMSO. Após solidificação do meio, em câmara de fluxo laminar bacteriológica (Marconi, Mod. 100 MA1550), 1

disco de micélio para cada isolado individualmente de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides*, *C. acutatum*, *A. flavus* e *A. niger* com 7 mm de diâmetro, foi depositado no centro da placa de *Petri* com 10 cm de diâmetro. Em seguida foram incubadas em estufa bacteriológica (Nova Instruments, Mod. NI 1521) em diferentes temperaturas para cada espécie fúngica nas temperaturas 20 °C (Hamid et al., 2018), 22 °C (Bagherabadi et al., 2018), 22 °C (Bragança et al., 2016), 25 °C (Deshmukh et al., 2020), e 25 °C (Magalhães et al., 2019), respectivamente.

A avaliação consistiu em medições diárias do diâmetro das colônias, por meio de um paquímetro digital 150 mm (Digimes, Mod. 100-170) exatidão 0,03 mm, resolução de 0,01 mm/.0005"/1/128", iniciadas 24 horas após o início da incubação e encerradas, quando as colônias fúngicas do tratamento testemunha, atingiram completamente a área interna da placa. A determinação do percentual de inibição de crescimento PIC foi realizado conforme proposto por Garcia et al. (2012). A seguir, está apresentada a equação 1, utilizada na determinação da PIC.

$$\%PIC = (DTT - DTQ)/DTT \times 100 \text{ E. [1]}$$

Onde %PIC = percentual de inibição de crescimento, DTT = diâmetro no tratamento testemunha, DTQ = diâmetro no tratamento químico.

Tabela 1 - Atividade antioxidante dos óleos essenciais das cascas dos frutos de *H. stigonocarpa*, *H. courbaril* var. *courbaril* e Mix (*H. stigonocarpa* e *H. courbaril*), concentração (1:1) na redução do radical livre DPPH.

Concentração $\mu\text{L mL}^{-1}$	OEHS*	OEHC**	Mix***
Puro	100 ± 0,00aA	100 ± 0,00aA	-
50	90,55 ± 0,42aA	100 ± 0,00aA	72,17 ± 0,18aB
40	86,00 ± 0,13aB	98,63 ± 0,16aA	60,71 ± 0,45bC
30	71,11 ± 0,11bB	90,69 ± 0,33bA	54,33 ± 0,33cC
20	68,64 ± 0,23bcB	83,35 ± 0,16cA	20,70 ± 0,80dC
10	53,05 ± 0,69dB	71,22 ± 0,64dA	10,81 ± 0,59eC
5	26,37 ± 0,41eB	58,80 ± 0,42eA	-
2,5	18,94 ± 0,63eB	33,19 ± 0,78fA	-
1,25	-	18,66 ± 0,31g	-

*OEHS = Óleo essencial *Hymenaea stigonocarpa*. **OEHC = Óleo essencial *Hymenaea courbaril* var. *courbaril*. ***Mix = (1:1) dos óleos essenciais de *Hymenaea stigonocarpa* e *H. courbaril*. (-) = Não determinado. Letras pequenas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Letras grandes diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A atividade antioxidante na redução do DPPH para o OE *H. stigonocarpa*, apresentou alta eficiência, em todas as concentrações, exceto, em 1,25 $\mu\text{L mL}^{-1}$ onde não houve inibição. A taxa de inibição foi determinada em percentagem de sequestro de DPPH, visto que, não foi utilizado

Análise estatística

A análise estatística consistiu em triplicatas para o rendimento de OE e para atividade antioxidante, e em quadruplicata para a análise antifúngica. Os resultados foram expressos através da média aritmética da triplicata, seguida de (\pm) desvio padrão. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Foi utilizado teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para determinação da diferença estatística entre os tratamentos do rendimento e da atividade bioativa, e para atividade antifúngica, adotou-se o teste de Scott-Knott, com nível de significância de 5%. O software estatístico utilizado foi o PAST 3 (versão livre, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O rendimento de OE foi de $0,04 \pm 0,13a$ para *H. stigonocarpa*, e de $0,06 \pm 0,09a$ para *H. courbaril* var. *courbaril*. Ambos os redimentos não apresentaram diferença estatística pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Na tabela 1, estão apresentados os resultados da atividade antioxidante dos OEs para as cascas dos frutos de *H. stigonocarpa*, *H. courbaril* var. *courbaril* e para o Mix (1:1) entre os OEs.

modelo para determinação de EC₅₀. Nas concentrações 40, 50 e óleo puro foram observados as maiores taxas de redução de DPPH, entretanto, não diferiram entre si pelo teste de Tukey, respectivamente. Para o OE *H. courbaril* var. *courbaril*, apresentou atividade antioxidante

em todas as concentrações, em especial para as concentrações 10; 20; 30; 40; 50 e OE puro com percentagens variando entre 71 a 100%.

O mix de OEs *H. stigonocarpa* e *H. courbaril* var. *courbaril*, apresentou também eficiência como agente antioxidante, nas concentrações avaliadas. Nas concentrações onde houve atividade antioxidante, em especial para as concentrações 30; 40 e 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$ foram obtidos resultados entre 54 a 72% de redução do DPPH.

Entre os OEs de *H. stigonocarpa* e *H. courbaril* var. *courbaril* na concentração de OE puro, não houve diferença entre ambos pelo teste de Tukey. Na concentração de 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$, apresentou diferença significativa no mix, onde o mesmo não foi observado entre os OEs, entretanto inferior ao OEs puros. Na concentração 40 $\mu\text{L mL}^{-1}$, houve diferença estatística entre as três amostras. Nas concentrações 40; 30; 20; 10; 5; 2,5 $\mu\text{L mL}^{-1}$, apresentaram diferença significativa entre as três amostras avaliadas.

Os resultados de atividade antioxidante, demonstraram que os OEs de *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril* var. *courbaril*, bem como, o mix apresentaram alta eficiência de inibição, sendo esta eficiência, uma nova possibilidade para novos testes em produtos farmacêuticos, na cosmetologia e na produção de alimentos. Como inexistem resultados que avaliam a atividade antioxidante do OEs das cascas dos frutos de *Hymenaea*, a atividade antioxidante foi comparada com outros OEs de diversos grupos vegetais.

Menezes Filho et al. (2020) avaliaram os OEs

das folhas e raízes de *C. regium* onde descrevem importante atividade antioxidante mesmo em baixas concentrações de OE diluído em DMSO. Os pesquisadores encontraram entre as concentrações 30, 50 e 50 $\mu\text{L mL}^{-1}$ atividade igual a 100% de redução do modelo radicalar DPPH. Da Silva et al. (2019) avaliaram a atividade antioxidante do OE de *S. lentiscifolius* onde encontraram atividade de redução de 54,4% na concentração de 100 mg mL^{-1} na redução do DPPH.

Na figura 1, estão apresentados resultados da porcentagem de inibição sobre o crescimento PIC para o OE da casca do fruto de *H. stigonocarpa* sobre os isolados de *S. sclerotiorum*, *C. acutatum* e *A. flavus*.

Na figura 1, observam-se alta eficiência de inibição para os isolados de *S. sclerotiorum*, *C. acutatum* e *A. flavus* em diferentes concentrações do OE da casca do fruto de *H. stigonocarpa*. Para *S. sclerotiorum* em especial nas maiores concentrações, apresentaram alta porcentagem de inibição de crescimento nas concentrações 12,5; 25; 50 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$, com taxas entre 56 a 83%. Entretanto, não houve diferença estatística entre as concentrações 50 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Para *C. acutatum*, também foi observado o mesmo padrão de PIC observado no isolado de *S. sclerotiorum*. Reitera-se que, as maiores concentrações entre 12,5; 25; 50 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$, apresentaram as maiores taxas de inibição entre 66 a 75%. Neste experimento não houve diferença significativa entre as concentrações 25, 50 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Na menor concentração de 1,56 $\mu\text{L mL}^{-1}$ não houve atividade de inibição.

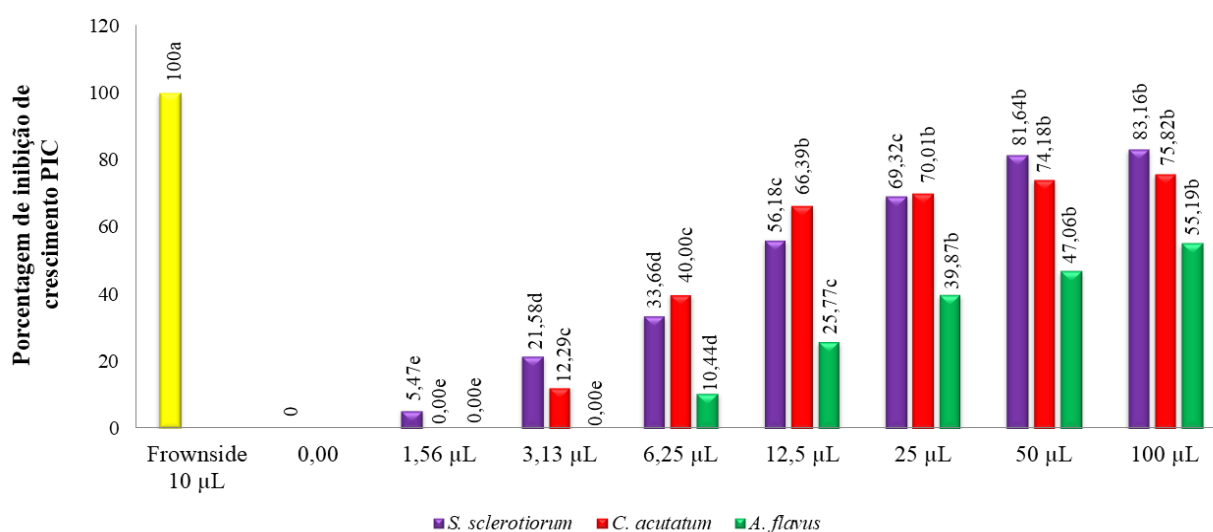


Figura 1 - Porcentagem de inibição de crescimento PIC do óleo essencial de *Hymenaea stigonocarpa*, sobre isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum* e *Aspergillus flavus*. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

O isolado de *A. flavus*, foi o modelo fúngico que apresentou os menores índices de atividade antifúngica, possivelmente esse fungo seja pouco sensível aos compostos do OE de *H. stigonocarpa*. Observa-se que a efetividade na inibição é observada apenas nas maiores concentrações 25; 50 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$ com taxas de PIC entre 39 e 55%. Entretanto, a baixa sensibilidade ao OE ainda apresentou bons resultados. Possivelmente a temperatura para o desenvolvimento do fungo influenciou também, entretanto negativamente nas concentrações, volatilizando os compostos de menor cadeia carbônica para monoterpenos, diterpenos e triterpenos (Benato et al., 2018; Paulus et al., 2013; Radünz et al., 2006).

Os três ensaios fúngicos foram comparados ao fungicida comercial *Frownicide* na concentração de 10 $\mu\text{L mL}^{-1}$ com 100% de PIC.

Silva et al. (2018) avaliaram o OE de *P. guajava* (goiaba) em duas épocas de extração, onde obtiveram inibição micelial para *S. sclerotiorum*

de 94,9 e de 93,4% na concentração de 300 $\mu\text{L mL}^{-1}$, de 90,8 e 90,0% na concentração de 200 $\mu\text{L mL}^{-1}$ e de 77,5 e 80,0% na menor concentração usual de 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Lima et al. (2014) verificaram inibição entre 95 a 100% no crescimento em *A. flavus* proporcionado pelo OE de cravo-da-índia (*S. aromaticum*). Já para o OE de melaleuca, os pesquisadores obtiveram PIC em todas as concentrações avaliadas, com maior eficiência na concentração de 15 μL com 8% de inibição. Nos estudos desenvolvidos por Vivas et al. (2006), os pesquisadores verificaram que o efeito fungicida do OE do capim-santo inibiu completamente o crescimento micelial em *C. acutatum* em concentrações superiores a 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$.

Na figura 2, estão apresentadas as porcentagens de inibição de crescimento pelo OE da casca do fruto de *Hymenaea courbaril var. courbaril* sobre os isolados de *S. sclerotiorum*, *C. acutatum* e *A. flavus* em diferentes concentrações.

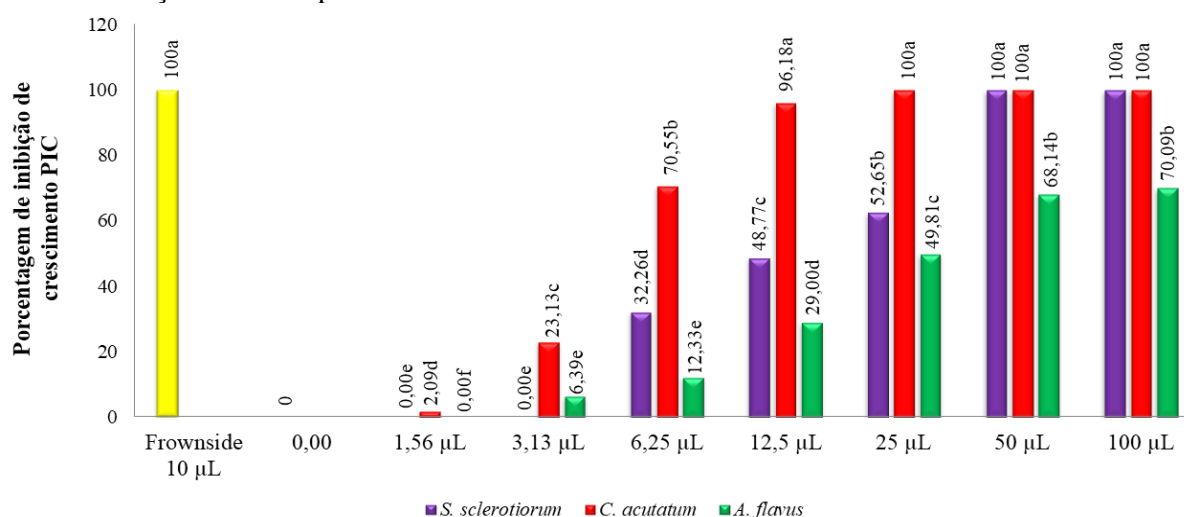


Figura 2 - Porcentagem de inibição de crescimento PIC do óleo essencial de *Hymenaea courbaril var. courbaril*, sobre isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum* e *Aspergillus flavus*. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de *Scott-Knott* a 5% de significância.

O OE de *H. courbaril var. courbaril* também apresentou boa eficiência de PIC sobre os isolados de *S. sclerotiorum* e *C. acutatum*. Em todas as concentrações, exceto para 1,56 e 3,13 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Foi observado que ambos os isolados são sensíveis a complexa constituição do OE da casca do fruto de *H. courbaril*. Para *A. flavus* foi observado bons resultados, entretanto, como observado para o OE de *H. stigonocarpa*, o fungo apresenta também resistência em todas as concentrações para este OE.

As melhores concentrações usuais para inibir o desenvolvimento de *S. sclerotiorum*, *C. acutatum*

e *A. flavus* são concentrações acima de 12,5 $\mu\text{L mL}^{-1}$, que apresentaram PIC comparável ao fungicida de referência. Entretanto, para *A. flavus* as concentrações 50 e 100 $\mu\text{L mL}^{-1}$ apresentaram ser as mais eficazes para inibição fúngica.

Bonaldo et al. (2007), encontraram para o OE de *E. citriodora*, atividade de inibição micelial entre 90 a 100% para *S. rolfisii*, *Phytophthora* sp., *A. alternata*, *C. sublineolum* e *R. solani* em concentrações entre 40 a 1000 μL . Schwan-Estrada et al. (2000), encontraram em seus estudos *in vitro*, para o extrato bruto e OE de manjerona boa eficiência de inibição de crescimento micelial, e de

esporulação em diversos fungos fitopatogênicos testados.

Na figura 3, estão apresentados os resultados da porcentagem de inibição de crescimento pelo mix de OEs das cascas de ambos os frutos de *H. stigonocarpa* e *H. courbaril* var. *courbaril* sobre isolados de *S. sclerotiorum*, *C. gloeosporioides* e *A. niger* em diferentes concentrações.

O mix dos OEs demonstrou ser mais eficaz apenas para o isolado de *S. sclerotiorum*. Para os isolados de *C. gloeosporioides* foi observado uma discreta PIC, e com menor intensidade de inibição, seguido para *A. niger*. O *S. sclerotiorum*

demonstra ser altamente sensível, corroborando com os resultados apresentados nas (Figuras 1 e 2) para OEs puros. Na figura 3, observa-se que o doseamento de ambos os OEs das cascas dos frutos de *Hymenaea* não apresentou resultados superiores quando comparado aos OE puros. O mesmo é observado quando comparado ao fungicida de referência, com resultados inferiores conforme observado no teste de *Scott-Knott* a 5%.

O intuito da avaliação pelo mix de OEs foi para observar possível potencialização de ambos os OEs, entretanto, não demonstraram resultados satisfatórios para os isolados investigados.

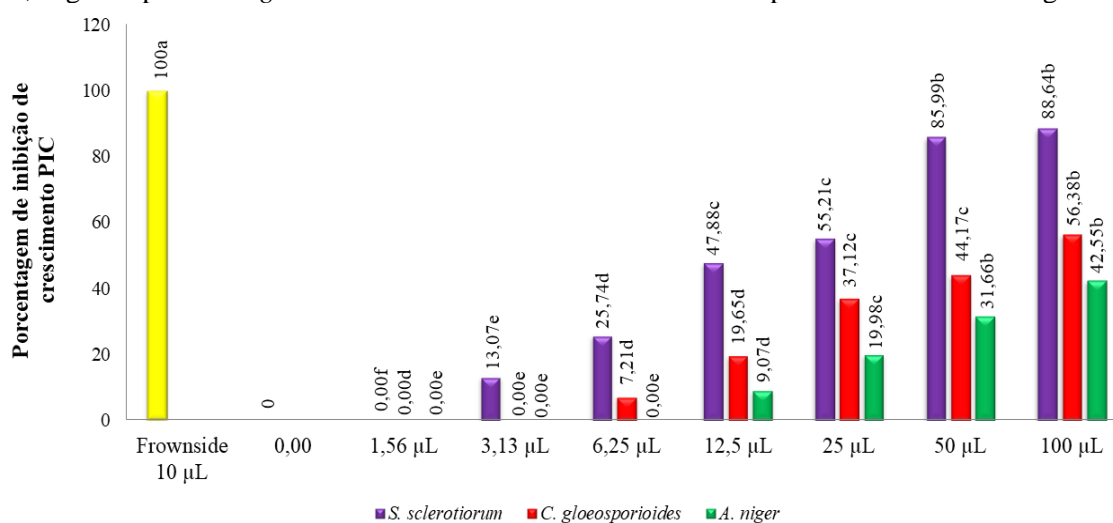


Figura 3 - Porcentagem de inibição de crescimento PIC do mix dos óleos essenciais de *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril* var. *courbaril*, sobre isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Aspergillus niger*. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de *Scott-Knott* a 5% de significância.

Lima et al. (2014), encontraram baixa eficiência no controle de crescimento micelial em *A. niger* utilizando OE de *Melaleuca alternifolia*. Os pesquisadores obtiveram inibição de 1, 3 e 14% para as concentrações 5, 10 e 15 µL. Souza Júnior et al. (2009), avaliaram diferentes concentrações de OEs de alecrim-pimenta, alfavaca-cravo, capim-santo e cidrão onde obtiveram 100% de inibição de crescimento em todas as concentrações avaliadas, e entre 44,0 a 69,0% para o OE das folhas de goiaba. Carnelossi et al. (2009), e Silva et al. (2009), encontraram inibição de 100% para *C. gloeosporioides* utilizando OE de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) em concentrações entre 10 e 100 µL. Celoto et al. (2008), avaliaram diferentes extratos vegetais (aquoso e hidroetanólico) onde encontraram também importantes resultados de PIC para *C. gloeosporioides*. O OE de *C. zeylanicum* apresentou boa eficiência de inibição para *A. niger* nos estudos de Pawar e Thaker (2006).

CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de *Hymenaea stigonocarpa* e *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* apresentaram bons rendimentos de extração, bem como alta eficiência biológica como agentes antioxidante (puro e mix (1:1)) e antifúngico *in vitro*. Os isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum* e *Aspergillus flavus* demonstraram ser altamente sensíveis aos óleos essenciais quando aplicados individualmente, e o mesmo foi observado apenas para *Sclerotinia sclerotiorum* no mix (1:1) dos óleos essenciais para ambas as espécies do gênero *Hymenaea*.

Trabalhos futuros deverão ser realizados avaliando as atividades antioxidante e antifúngica em modelos biológicos para determinação da eficácia como possíveis novos agentes antioxidantes em alimentos e formulações farmacêuticas, e também como em nanocápsulas e microcápsulas contendo óleo essencial verificando

o comportamento dos óleos essenciais em casa-de-vegetação, ou *in situ* em campos de cultivos.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde; aos laboratórios de Química Tecnológica, Bioensaios e Biomoléculas, Química de Produtos Naturais, Fisiologia Vegetal e Sistemática Vegetal; ao Herbário do IF Goiano, Campus Rio Verde; ao órgão de fomento em pesquisa, CNPq, CAPES, FINEP, e a FAPEG pela bolsa de mestrado em Agroquímica a Antonio Carlos Pereira de Menezes Filho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amirghofran Z, Azadbakht M, Karii MH. Evaluation of the immunomodulatory effects of five herbal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, v.72, n.1-2, p.167-172, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00234-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00234-8)
- Angle JS, Dunn KA, Wagner GH. Effect of cultural practices on the soil populations of *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. *Soil Science Society of America Journal*, v.46, n.2, p.301-303, 1982. <https://doi.org/10.2136/sssaj1982.03615995004600020017x>
- Aquino FG, Ribeiro JF, Walter BMT. Espécies vegetais de uso múltiplo em reservas legais de Cerrado, Balsas/MA. *Revista Brasileira de Biociências*, v.5, n.1, p.147-149, 2007. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/175659>
- Athié I, Castro MFPM, Gomes RAR, Valentini SRT. Conservação de grãos. Campinas SP. Fundação Cargill. 236p. 1998.
- Bagherabadi S, Zafari D, Anvar FG, Damm U. *Colletotrichum gloeosporioides* s. str., the causal agent of a leaf spot disease of *Schefflera arboricola* in Iran. *Mycologia Iranica*, v.5, n.1, p.29-34, 2018. <https://doi.org/10.22043/mi.2019.118404>
- Benato EA, Belletti TC, Terao D, Franco DAS. Óleos essenciais e tratamento térmico no controle pós-colheita de bolor verde em laranja. *Summa Phytopathologica*, v.44, n.1, p.65-71, 2018. <https://doi.org/10.22043/MI.2019.118404>
- Bizzo HR, Hovell AMC, Rezende CM. Óleos essenciais no Brasil: Aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. *Química Nova*, v.32, n.3, p.588-594, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300005>
- Boland GJ, Hall R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Canadian Journal Plant Pathology*, v.16, n.2, p.93-108, 1994. <https://doi.org/10.1080/07060669409500766>
- Bonaldo SM, Schwan-Estrada KRF, Stangarlin JR, Cruz MÊS, Fiori-Tutida ACG. Contribuição ao estudo das atividades antifúngica e elicitora de fitoalexinas em sorgo e soja por eucalipto (*Eucalyptus citriodora*). *Summa Phytopathologica*, v.33, n.4, p.383-387, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-54052007000400011>
- Botelho AS, Ferreira RA, Malavasi MdeM, Davide AC. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, plântulas e mudas de jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne) – Fabaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, v.22, n.1, p.144-152, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222011000200004>
- Bragança CAD, Damma U, Baroncelli R, Massola Júnior NS, Crous PW. Species of the *Colletotrichum acutatum* complex associated with anthracnose diseases of fruit in Brazil. *Fungal Biology*, v.120, n.4, p.547-561, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.01.011>
- Carnelossi PR, Schwan-Estrada KRF, Cruz MÊS, Itako AT, Mesquini RM. Óleos essenciais no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamão. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.11, n.4, p.399-406, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722009000400007>
- Carvalho Filho JLS, Arrigoni-Blank MF, Blank AF, Rangel MAS. Produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) em diferentes ambientes, recipientes e composições de substratos. *Cerne*, v.9, n.1, p.109-118, 2003. <https://ri.ufs.br/handle/riufs/1590>
- Celoto MIB, Papa MFS, Sacramento LVS, Celoto FJ. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. *Acta Scientiarum*, v.30, n.1, p.1-5, 2008. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v30i1.1104>
- Da Silva ER, Pawlowski Â, Lazarotto DC, Soares GLG. Antioxidant activity of essential oils from leaves of *Schinus molle* Marchand. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, v.24, n.2, p.783, 2019.
- Da Silva SM, Pereira AL, García-Zapata MTA. Manifestações bucais na infecção pelo vírus da imunodeficiência humana: uma revisão sistemática da literatura. *Revista da Faculdade de Odontologia de Porto Alegre*, v.52, n.1/3, p.57-65, 2011. <https://doi.org/10.22456/2177-0018.30650>
- De Candolle AP. The leguminous seed. *Phytomorphology*, v.1, p.117-150, 1825.
- De Souza PF, Da Silva GH, Henriques ÍGN, Campelo GJ, Alves GS. Atividade antifúngica de diferentes concentrações de extrato de alho em sementes de ingá (*Inga edulis*). *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.5, p.8-13, 2010.
- Deshmukh H, Rambach G, Sheoood DC, Lee M, Hagleitner M, Hermann M, Würzner R, Lass-Flörl C, Speth C. Galactosaminogalactan secreted from *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus flavus* induces platelet activation. *Microbes and Infection*, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2019.12.004>
- Deus RJA, Alves CN, Arruda MSP. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, v.13, n.1, p.1-7, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722011000100001>
- Dhingra OD, Coelho Neto RA. Micotoxinas em grãos. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, v.6, n.1, p.49-101, 1998.

- Fallah S, Mouguee S, Rostaei M, Adavi Z, Lorigooini Z. Chemical compositions and antioxidant activity of essential oil of wild and cultivated *Dracocephalum kotschy* grown in different ecosystems: A comparative study. *Industrial Crops and Products*, v.143, p.111885, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111885>
- Fawcett CH, Spencer DM. Plant chemotherapy with natural products. *Annual Review of Phytopathology*, v.8, n.1, p.403-418, 1970.
- Filho RML, Oliveira SM, Menezes M. Caracterização enzimática e patogenicidade cruzada de *Colletotrichum* spp. associados a doenças de pós-colheita. *Fitopatologia Brasileira*, v.28, n.6, p.620-625, 2003. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582003000600007>
- Garcia RÁ, Juliatti FC, Barbosa KAG, Casseiro TA. Atividade antifúngica de óleo e extratos vegetais sobre *Sclerotinia sclerotiorum*. *Bioscience Journal*, v.28, n.1, p.48-57, 2012.
- Golshani S, Karamkhani F, Monsef-Esfehani HR, Abdollahi M. Antinociceptive effects of the essential oil of *Dracocephalum kotschy* in the mouse writhing test. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, v.98, n.7, p.76-79, 2004.
- Hamid MR, Xie J, Wu S, Maria SK, Zheng D, Hamidou AA, Wang Q, Cheng J, Fu Y, Jiang D. A novel deltaflexivirus that infect the plant fungal pathogen, *Sclerotinia sclerotiorum*, can be transmitted among host vegetative incompatible strains. *Viruses*, v.10, n.295, p.1-15, 2018. <https://doi.org/10.3390/v10060295>
- Himed L, Merniz S, Monteagudo-Oliván R, Barkat M, Coronas J. Antioxidant activity of the essential oil of Citrus limon before and after its encapsulation in amorphous SiO₂. *Scientific African*, v.6, p.181, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00181>
- Hüller AS, Santini EJ, Da Silveira AG, Valcorte G, De Oliveira LH, Estigarribia MG. Capacidade antifúngica do extrato vegetal de *Ruta graveolens* sobre o desenvolvimento dos fungos apodrecedores *Gloeophyllum trabeum* e *Pycnoporus sanguineus*. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v.6, n.6, p.31-43, 2019.
- Jahaniani F, Ebrahimi AS, Rahbar-Roshandel N, Mahmoudian M. Xanthomicrol is the main cytotoxic component of *Dracocephalum kotschy* and a potential anti-cancer agent. *Phytochemistry*, v.66, n.13, p.1581-1592, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.04.035>
- Lee YT, Langeheim JH. Systematics of the genus *Hymenaea* L. (Leguminosae; Detarioeae). *University of California Publications in Botany*, v.69, p.1-109, 1975.
- Lima A, Ribeiro AS, Bonaldo SM. Efeito dos óleos essenciais de *Syzygium aromaticum* e *Melaleuca alternifolia* sobre isolados de *Aspergillus* sp. *Scientific Electronic Archives*, v.5, p.63-67, 2014.
- Lima HC, Pinto RB. *Hymenaea*. In: Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/floradobrasil/FB22971>. Acesso em 25 mai. 2020.
- Lima IO, Oliveira RAG, Lima EO, Farias NMP, De Souza EL. Atividade antifúngica de óleos essenciais sobre espécies de *Candida*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.16, n. 2, p. 197-201, 2006. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2006000200011>
- Lopes AJ, Jansen U, Capone D, Jansen JM. *Aspergiloses pulmonares*. *Pulmão*, v.13, n.1, p.34-44, 2004.
- Mackinder B. *Detarieae*. In: Lewis G, Schrire B, MacKinder B, Lock M. (eds.), *Legumes of the world*. The Royal Botanical Gardens, Kew, p.69-71, 2005.
- Magalhães N, Cavalcante AV, Andrade LS, Wanderley CRP, Marinho G, Pessoa KAR. Produção de ácido cítrico por *Aspergillus niger* NA 400 a partir de resíduo agroindustrial. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.24, n.1, p.101-107, 2019. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019167153>
- Menezes Filho ACP, Christofoli M, De Sousa WC, Castro CFS. Atividades antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Cochlospermum regium* frente à *Sclerotinia sclerotiorum* e *Colletotrichum gloeosporioides*. *Colloquium Agrariae*, v.16, n.1, p.109-116, 2020. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.a35>
- Menezes Filho ACP, Oliveira Filho, JG, Deminski GO, Jesus AP, De Andrade MSB, Castro CFS. Avaliação colorimétrica e caracterização morfológica por microscopia óptica de alta resolução das farinhas dos frutos do jatobá, jambolão e seriguela. *Multi-Science Journal*, v.2, n.1, p.16-22, 2019. <https://doi.org/10.33837/msj.v2i1.544>
- Mezza GN, Borganello AV, Grosso NR, Fernandez H, Pramparo MC. Antioxidant activity of rosemary essential oil fractions obtained by molecular distillation and their on oxidative stability of sunflower oil. *Food Chemistry*, v.242, p.9-15, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.042>
- Paulus D, Valmorbidia R, Toffoli E, Nava GA. Teor e composição química de óleo essencial de cidrô em função da sazonalidade e horário de colheita. *Horticultura Brasileira*, v.31, n.2, p. 203-209, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362013000200005>
- Pawar VC, Thaker VS. In vitro efficacy of 75 essential oils against *Aspergillus niger*. *Mycoses*, v.49, n.4, p.316-323, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0507.2006.01241.x>
- Pestana LTC. Estudo taxonômico de *Hymenaea* L.: complexo *H. courbaril*, *H. martiana* e *H. stigonocarpa* (Fabaceae: Caesalpinioideae: Detarieae). Dissertação de Mestrado. Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Putrick TC, Costa MLN, Theodoro GF. Efeito de fertilizante foliar sobre isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.5, n.2, p.83-90, 2018. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i2.1453>
- Radünz LL, Melo EC, Barbosa LCA, Silva Santos RH, Barbosa FF, Martinazzo AP. Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*Mentha x villosa* Huds). *Engenharia na Agricultura*, v.14, n.4, p.250-257, 2006.
- Ramos K, Andreani Júnior R, Kozusny-Andreani DI. Óleos essenciais e vegetais no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*. *Revista Brasileira de Plantas Medicinais*, v.18, n.2, supl.I, p.605-612, 2016. https://doi.org/10.1590/1983-084x/15_192

- Roesler R, Malta LG, Carrasco LC, Holanda RB, Sousa CAS, Pastore GM. Atividade antioxidante de frutas do cerrado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.27, n.1, p.53-60, 2007.
<http://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100010>
- Sajjadi SE, Atar AM, Yektaian A. Antihyperlipidemic effect of hydroalcoholic extract, and polyphenolic fraction from *Dracocephalum kotschy* Boiss. *Pharmaceutica Acta Helvetica*, v.73, n.3, p.167-170, 1998.
[https://doi.org/10.1016/S0031-6865\(98\)00016-8](https://doi.org/10.1016/S0031-6865(98)00016-8)
- Schwan-Estrada KRF, Stangarlin JR, Cruz MES. Uso de plantas medicinais no controle de doenças de plantas. Uso de extratos vegetais no controle de fungos fitopatogênicos. *Revista Floresta*, v.30, n.1, p.129-137, 2000.
- Shami NJIE, Moreira EAM. Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, v.17, n.2, p.227-236, 2004.
<http://doi.org/10.1590/S1415-52732004000200009>
- Silva AC, Sales NLP, De Araújo AC, Júnior CFC Efeito *in vitro* de compostos de plantas sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolado do maracujazeiro. *Ciência Agrotecnologia*, v.33, Edição Especial, p.1853-1860, 2009.
<http://doi.org/10.1590/S1413-70542009000700026>
- Silva AC, Sales NLP, De Araújo AV, Júnior CFC. Efeito *in vitro* de compostos de plantas sobre o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. isolado do maracujazeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, Edição especial, p.1853-1860, 2009.
<http://doi.org/10.1590/S1413-70542009000700026>
- Silva EAJ, Da Silva CP, Alves CCF, Alves JM, Souchie EL, Barbosa LCA. Chemical composition of the essential oil of *Psidium guajava* leaves and its toxicity against *Sclerotinia sclerotiorum*. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 2, p. 865-874, 2018.
<http://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p865>
- Silva MR, Silva MAAP, Chang YK. Utilização da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.18, n.1, p.25-34, 1998.
<http://doi.org/10.1590/S0101-20611998000100007>
- Souza IM, Funch LS, De Queiroz LP. Flora da Bahia: Leguminosae – *Hymenaea* (Caesalpinioideae: Detarieae). *Sitientibus série Ciências Biológicas*, v.16, 2016.
<http://doi.org/10.13102/scb1092>
- Souza IM. O gênero *Hymenaea* L. (Leguminosae: Caesalpinioideae) para o estado da Bahia: aspectos sobre a taxonomia, fenologia e biologia floral. *Dissertação de Mestrado*. Universidade Estadual de Feira de Santana, 2013.
- Souza Júnior ITS, Sales NLP, Martins ER. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Colletotrichum gloeosporioides*, isolado do maracujazeiro amarelo. *Biotemas*, v.22, n.3, p.77-83, 2009.
<https://doi.org/10.5007/2175-7925.2009v22n3p77>
- Tico BM, Da Silva HF, Da Silva EC, Silva GR, Do Nascimento LC. Óleos essenciais no controle do *Fusarium* sp. da cana de açúcar *in vitro*. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.7, n.3, p.070-079, 2019.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3595058>
- Vivas M, Silva DG, Costa H, Silveira SF, Pereira AJ. Inibição *in vitro* do crescimento micelial de *Colletotrichum acutatum* por extrato bruto aquoso e óleo essencial de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf e *Eucalyptus citriodora* Hooker. *Fitopatologia Brasileira*, v.31, 2006.