

Fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional no controle *in vitro* de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. do maracujazeiro

Saprobic conidial fungi of the southern Amazon for in vitro control of Colletotrichum sp. and Fusarium sp. of the passion fruit

Daniela Ribeiro¹, Daiane Lopes de Oliveira², Solange Maria Bonaldo³

RESUMO: Fungos conidiais sapróbios, decompositores de matéria orgânica, podem atuar como agentes no controle biológico de doenças de plantas, devido à capacidade de produzir compostos antagonistas. Este trabalho avalia o potencial antagônico e a produção de compostos voláteis (COVs) de fungos conidiais sapróbios (FCS) obtidos na Amazônia no controle *in vitro* de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. Avaliou-se o crescimento micelial, índice de velocidade de crescimento, porcentagem de inibição de crescimento, área abaixo da curva de crescimento micelial, nota de antagonismo e taxa de crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp., em confronto com *Brachysporiella* sp., *Pseudobotrytis terrestris*, *Gonytrichum* sp. e *Ellisembia* sp. Os fungos conidiais sapróbios *Brachysporiella* sp. e *P. terrestris* apresentam redução do crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. No bioensaio com *Fusarium* sp. e confronto com *Ellisembia* sp., houve redução do índice de velocidade micelial e da área abaixo da curva de crescimento micelial. No confronto com três dias de diferença, os FCS *Brachysporiella* sp. e *Gonytrichum* sp. reduziram o índice de velocidade de crescimento de *Fusarium* sp. e de *Colletotrichum* sp. *Brachysporiella* sp. apresentaram maior controle frente ao fungo *Colletotrichum* sp. Na produção de COVs, *P. terrestris*, *Ellisembia* sp. e *Gonytrichum* sp. interferiram no desenvolvimento dos fitopatógenos. Portanto, fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional se mostraram promissores no controle biológico de fitopatógenos do maracujazeiro.

Palavras-chave: Antagonismo. Controle biológico. Fungos decompositores.

ABSTRACT: Saprobian conidial fungi, decomposers of organic matter, may function as agents in the biological control of plant diseases due to their capacity to produce antagonistic compounds. The antagonistic potential and the production of volatile compounds (COVs) of saprobic conidial fungi (FCS) obtained in the Amazon in *in vitro* control of *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp. were evaluated. Mycelial growth, growth rate, growth inhibition percentage, area below the mycelial growth curve, antagonism and mycelial growth rate of *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp. were assessed and compared to *Brachysporiella* sp., *Pseudobotrytis terrestris*, *Gonytrichum* sp. and *Ellisembia* sp. Conidial fungi *brachysporiella* sp. and *P. terrestris* reduce mycelial growth of *Colletotrichum* sp. Bioassay with *Fusarium* sp. and confrontation with *Ellisembia* sp. revealed a reduction in the mycelial velocity index and in the area below the mycelial growth curve. Comparison of results after three days revealed that FCS *Brachysporiella* sp. and *Gonytrichum* sp. reduced the growth rate of *Fusarium* sp. and *Colletotrichum* sp. *Brachysporiella* sp. showed greater control against the fungus *Colletotrichum* sp. In the production of COVs, *P. terrestris*, *Ellisembia* sp. and *Gonytrichum* sp. interfered in the development of phytopathogens. Results show that saprobic conidial fungi of the southern Amazon may be employed as biological control of passion fruit phytopathogens.

Keywords: Antagonism. Biological control. Fungi decomposers.

¹ Mestranda em Agronomia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM/PGA), Maringá (PR), Brasil.

² Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Campus Sinop (MT), Brasil.

³ Programa de Pós-graduação em Agronomia/ICAA, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Sinop (MT), Brasil.

Autor correspondente:
Solange Maria Bonaldo: *sbonaldo@ufmt.br*

Recebido em: 02/04/2020
Aceito em: 05/04/2021

INTRODUÇÃO

2

A floresta Amazônica é conhecida pela grande biodiversidade de microorganismos, dentre eles, os fungos decompositores, denominados sapróbios, que se destacam pela importância na ciclagem de nutrientes do ecossistema (BARBOSA *et al.*, 2015). Segundo Hyde *et al.* (2011), existem cerca de 2.873 gêneros descritos de fungos conidiais, atuando como parasitas, sapróbios ou simbioses. Trabalhos de bioprospecção da diversidade fúngica da floresta Amazônica têm sido conduzidos e vários fungos sapróbios da serapilheira têm sido identificados (BARBOSA *et al.*, 2015; BARBOSA *et al.*, 2017; CASTRO *et al.*, 2011; 2012; ROCHA *et al.*, 2018; MONTEIRO *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2018). Estudos com o intuito de utilizar fungos no controle biológico de plantas têm sido intensificados, levando ao descobrimento de novos agentes antimicrobianos (HARMAN, 2000).

A produção de maracujá está distribuída nas regiões tropicais e subtropicais do Brasil, totalizando uma área de 41.584 hectares, nos quais foram colhidas 593.429 toneladas de frutas em 2019 (IBGE, 2019). Um dos principais fatores que limitam a produção é o ataque de doenças, dentre as principais estão antracnose (*Colletotrichum* spp.), murcha de *Fusarium* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *passiflorae*), bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv. *passiflorae*) e podridão negra de *Lasioidiplodia* (*Lasioidiplodia theobromae*). São doenças agressivas que podem causar a morte das plantas e perda da produção na ausência de controle adequado (MANICOM *et al.*, 2003).

O controle biológico de doenças envolve a utilização de microorganismos que possuem características antagonistas sobre outro micro-organismo, através dos mecanismos de antibiose, parasitismo, competição, predação ou hipovirulência (COOK; BAKER, 1983). Os fungos conidiais sapróbios utilizam vários mecanismos de ação para exercer controle sobre fitopatógenos, tais como micoparasitismo, produção de antibióticos, secreção de enzimas, competição por nutrientes e espaço com os demais microorganismos (HANSEN *et al.*, 2003; PINTO, 2013; ZHANG *et al.*, 2008), atuam também na indução de resistência em plantas (SOLINO *et al.*, 2017a). Este tipo de controle tem como vantagens a utilização de diferentes mecanismos de ação, dificultando a evolução de linhagens de fitopatógenos resistentes, estabelecendo o controle de patógenos por vários anos (CAVALCANTI *et al.*, 2005; PEITL, 2017).

Fungos conidiais sapróbios (FCS) são obtidos a partir de matéria orgânica em decomposição, principalmente em folhas e galhos da serapilheira. Desta forma, os FCS são

considerados promissores agentes de indução de resistência em plantas e de controle biológico de doenças em plantas (BOTREL, 2013).

Em testes *in vitro* com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional, Oliveira *et al.* (2019) observaram redução na germinação de esporos de *Colletotrichum musae* confrontado com *Beltrania rhombica*, *Brachysporiella* sp. *Dictyochaeta* sp. e *Gonytrichum* sp., e inativização de esporos de *C. musae*, *C. truncatum* e *Fusarium udum* expostos aos compostos voláteis produzidos pelos sapróbios *Gonytrichum* sp., *Dictyochaeta* sp. e *Brachysporiella* sp. Entretanto, ainda são escassos os estudos que avaliam o potencial de fungos conidiais sapróbios da Amazônia no controle de fitopatógenos e doenças em plantas.

Portanto, o presente trabalho avalia a eficácia de fungos conidiais sapróbios (*Brachysporiella* sp., *Pseudobotrytis terrestris*, *Gonytrichum* sp. e *Ellisembia* sp.), provenientes de substratos da Amazônia Meridional, no controle de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp., isolados de maracujá.

2 METODOLOGIA

2.1 OBTENÇÃO DOS FITOPATÓGENOS E FUNGOS CONIDIAIS SAPRÓBIOS

Para a realização dos experimentos foram utilizados isolados de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp. obtidos de isolamento indireto de plantas e frutos de maracujá sintomáticas, suas identificações foram realizadas através da observação das estruturas reprodutivas em microscópio ótico (AF: 400x). Os fitopatógenos foram armazenados em meio BDA e incubados em câmara B.O.D a 25 ± 2 °C/escuro na Micoteca do Laboratório de Microbiologia/Fitopatologia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop.

Os fungos conidiais sapróbios utilizados foram obtidos da serapilheira de duas áreas da Amazônia Meridional em Mato Grosso: Parque Estadual Cristalino no município de Novo Mundo (*Ellisembia* sp. - CNMT7f, *Pseudobotrytis terrestris*) e Fazenda São Nicolau, no município de Cotriguaçu (*Brachysporiella* sp. - CNMTf41 e *Gonytrichum* sp. - CNMTf43). As espécies foram colocadas em lâminas permanentes e identificadas utilizando-se microscópio ótico, as lâminas permanentes foram tombadas no herbário Centro-Norte Mato-Grossense (CNMTf). Os esporos foram retirados de folhas (*Pseudobotrytis terrestris*) e galhos (*Brachysporiella* sp., *Ellisembia* sp. e *Gonytrichum* sp.) com auxílio de agulha e lupa, sendo isolados em meio Batata-Déxtrose-Ágar (BDA) e incubados em câmara B.O.D. a 25 ± 2 °C/escuro no Laboratório de Microbiologia/Fitopatologia da Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Sinop.

2.2 TESTE DE ANTAGONISMO: CONFRONTO DIRETO

O bioensaio de antagonismo foi realizado por meio da técnica da cultura pareada (BELL *et al.*, 1982), em placas de Petri de 90 mm contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), sendo que em um lado da placa foi repicado um disco de micélio de 7,0 mm de cada um dos fungos conidiais sapróbios e, no outro lado, um disco de micélio do fitopatógeno *Colletotrichum sp.* ou *Fusarium sp.*, como controle positivo foi utilizado o fungo *Trichoderma asperellum*. As placas foram mantidas em temperatura 25 ± 2 °C em B.O.D./escuro. A avaliação do crescimento radial (cm) do micélio foi realizada por meio da média entre duas medições diametralmente opostas e o fim das avaliações ocorreu quando todas as repetições de um tratamento atingiram metade do crescimento da placa ou se encontraram.

Os dados de crescimento micelial foram utilizados para calcular o índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), utilizando a fórmula: $IVCM = \Sigma (D - D_a) / N$, onde D é o diâmetro médio atual da colônia, D_a é o diâmetro médio da colônia do dia anterior e N é o número de dias após a inoculação (OLIVEIRA, 1991). Calculou-se também a porcentagem de inibição de crescimento (PIC) e taxa de crescimento micelial (TCM).

Para o cálculo da área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM), utilizou-se a fórmula adaptada de Campbell e Madden (1990): $AACCM = ((y_i + y_{i+1})/2 \cdot dt_i)$, onde y_i e y_{i+1} são os valores de crescimento da colônia observados em duas avaliações consecutivas e dt_i o intervalo entre as avaliações.

Na avaliação de confronto direto realizada após 21 dias, atribuiu-se notas de acordo com escala proposta por Bell *et al.* (1982), onde: 1 - representa o antagonista ocupando toda a placa; 2 - o antagonista ocupa 2/3 da placa; 3 - o antagonista ocupa 1/2 da placa; 4 - o patógeno ocupa 2/3 da placa; e 5 - representando o patógeno ocupando toda a placa.

2.3 TESTE DE ANTAGONISMO: CONFRONTO DIRETO COM TRÊS DIAS DE DIFERENÇA

O bioensaio de antagonismo foi realizado conforme o item anterior, com modificações. Os discos de 7 mm dos fungos sapróbios foram repicados três dias antes da repicagem dos fitopatógenos, sendo colocados a uma distância de aproximadamente 1,0 cm da borda, em posições opostas.

As placas foram incubadas em B.O.D., com temperatura de 25 ± 2 °C/escuro. Na avaliação mensurou-se o crescimento micelial, índice de velocidade de crescimento micelial, taxa de crescimento, nota de antagonismo e porcentagem de inibição de crescimento.

2.4 PRODUÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

Para realização do teste de produção de compostos voláteis (COV's) por fungos conidiais sapróbios com influência no crescimento micelial de *Colletotrichum* sp. e *Fusarium* sp., foram utilizadas placas de Petri de poliestireno com divisão central, contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar). Em uma das partes da placa foi repicado um disco de micélio de 7 mm dos fungos conidiais sapróbios e na outra o disco do fitopatógeno simultaneamente (SOLINO *et al.*, 2017b). A testemunha recebeu um disco dos patógenos em apenas uma seção da placa de Petri. As placas foram vedadas com filme de PVC e em seguida incubadas em B.O.D. a 25 ± 2 °C com fotoperíodo de 12 horas.

2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Todos os ensaios anteriores foram realizados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco repetições, sendo cada repetição constituída por uma placa. Para análise dos dados utilizou-se o programa Sisvar 5.6 para a análise de variância (ANOVA) com transformação dos dados $\sqrt{X + 1}$. As médias de cada tratamento foram agrupadas e diferenciadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância (FERREIRA, 2011).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 TESTE DE ANTAGONISMO: CONFRONTO DIRETO

A análise dos dados revelou que o confronto de *Colletotrichum* sp. com fungos conidiais sapróbios (FCS) não diferiu estatisticamente no índice de velocidade de crescimento micelial, crescimento micelial, porcentagem de inibição micelial, área abaixo da curva de crescimento micelial e taxa de crescimento micelial. Porém, quando as notas da escala de Bell *et al.* (1982) foram atribuídas, foi possível observar que os sapróbios *Brachysporiella* sp. e *P. terrestris* desenvolveram-se sobre o fitopatógeno com diferença estatística (Tabela 1). O controle positivo *T. asperellum* não diminuiu o crescimento micelial de *Colletotrichum* sp., no entanto, cresceu em 100% das placas.

De acordo com Bonett *et al.* (2013) o desenvolvimento do sapróbio sobre o patógeno demonstra a capacidade competitiva do sapróbio por espaço e/ou nutrientes, sendo uma característica vantajosa no biocontrole.

Resultados semelhantes foram encontrados por Solino *et al.* (2017b) que verificaram que os sapróbios *Lappodochium lageniforme* e *Gonytrichum macrocladum* ocuparam 2/3 da placa, inibindo o crescimento micelial de *Alternaria solani* isolado de tomateiro.

Tabela 1. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), crescimento micelial (CM), porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC), nota de antagonismo, área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) e taxa de crescimento micelial (TCM) de *Colletotrichum* sp. em confronto direto com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional

Tratamentos	IVCM	CM (cm)	PIC* (%)	NOTA	AACCM	TCM
<i>Colletotrichum</i> sp.	0.73 a	1.38 a	-	-	2.75 a	0.91 a
<i>T. asperellum</i>	0.72 a	1.34 a	2.10 a	1.0 a	2.68 a	0.81 a
<i>Gonytrichum</i> sp.	0.73 a	1.45 a	1.60 a	3.0 b	2.94 a	0.76 a
<i>P. terrestris</i>	0.74 a	1.33 a	1.57 a	2.7 a	2.67 a	0.89 a
<i>Ellisembia</i> sp.	0.74 a	1.36 a	1.60 a	3.0 b	2.72 a	0.84 a
<i>Brachysporiella</i> sp.	0.77 a	1.46 a	1.00 a	1.6 a	2.91 a	0.86 a
CV (%)	5.62	6.16	68.64	46.75	6.43	11.37

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* Para efeito de análise estatística os dados de PIC foram transformados em $\sqrt{X+1}$. Dados são médias de cinco repetições.

No confronto dos FCS com *Fusarium* sp. observou-se que *Ellisembia* sp. reduziu o índice de velocidade micelial e área abaixo da curva de crescimento micelial do patógeno de forma significativa; porém não houve diferença em relação à inibição de crescimento micelial (Tabela 2).

Segundo Oliveira (2017), os FCS podem atuar reduzindo ou aumentando o crescimento micelial de fitopatógenos, como ocorreu com *Brachysporiella* sp. que proporcionou aumento do crescimento micelial de *Fusarium* sp.

A nota de antagonismo, taxa de crescimento micelial e porcentagem de inibição não apresentaram diferença estatística (Tabela 2), no confronto dos FCS com *Fusarium* sp.

Tabela 2. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), crescimento micelial (CM), porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC) e nota de antagonismo, área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) e taxa de crescimento micelial (TCM) de *Fusarium* sp. em confronto direto com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional

Tratamentos	IVCM	CM (cm)	PIC* (%)	NOTA	AACCM	TCM
<i>Fusarium</i> sp.	1.02 ab	1.82 a	-	-	3.66 ab	1.21 b
<i>T. asperellum</i>	0.88 a	1.74 a	3.12 a	1.1 a	3.54 a	0.98 a
<i>Gonytrichum</i> sp.	1.00 ab	1.83 ab	1.67 a	3.3 b	3.65 ab	1.12 ab
<i>P. terrestris</i>	1.00 ab	1.83 ab	1.69 a	3.9 b	3.66 ab	1.35 ab
<i>Ellisembia</i> sp.	0.94 a	1.75 a	2.61 a	3.7 b	3.53 a	1.10 ab
<i>Brachysporiella</i> sp.	1.10 b	2.08 b	1.00 a	3.4 b	4.17 b	1.24 b
CV (%)	8.19	7.10	60.26	8.12	7.19	10.12

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* Para efeito de análise estatística os dados de PIC foram transformados em $\sqrt{x+1}$. Dados são médias de cinco repetições.

Os sapróbios *P. terrestris* e *Brachysporiella* sp. apresentaram menores valores na nota de antagonismo no confronto com *Colletotrichum* sp., no entanto, não apresentaram os mesmos resultados no confronto com *Fusarium* sp. Resultado similar foi observado por Oliveira (2017), que relata que os fungos conidiais sapróbios *Beltrania rhombica* e *Gonytrichum* sp. não apresentaram controle de *Fusarium udum* e *Colletotrichum truncatum*; entretanto os mesmos fitopatógenos em confronto com *Brachysporiella* sp. apresentaram menores índices de crescimento.

3.2 TESTE DE ANTAGONISMO: CONFRONTO DIRETO COM TRÊS DIAS DE DIFERENÇA

No confronto de *Colletotrichum* sp. com os FCS (Tabela 3), não houve diferença significativa no crescimento micelial, porcentagem de inibição do crescimento micelial e área abaixo da curva de crescimento micelial. No entanto, apresentou diferença no índice de velocidade do crescimento micelial com *Brachysporiella* sp. e na taxa de crescimento micelial com *Brachysporiella* sp. e *Gonytrichum* sp. retardando o crescimento do patógeno.

Os isolados de *Brachysporiella* sp. e *P. terrestris* ocuparam mais que 80% da placa o que corresponde a nota entre 1 e 2 na escala de Bell *et al.* (1982). Esses dados indicam que os fungos conidiais sapróbios apresentam um crescimento rápido, desenvolvendo-se sobre o patógeno ou até adquirindo nutrientes do próprio fitopatógeno, sendo uma característica vantajosa do antagonista na disputa por espaço e nutrientes (BONETT *et al.*, 2013).

Ji e Kùc (1996) descreveram a atividade antifúngica da quitinase sobre *Colletotrichum lagenarium*. Essa enzima é capaz de inibir o crescimento ou causar um crescimento anormal da hifa. Provavelmente *Brachysporiella* sp. possa produzir quitinase, envolvendo o processo de micoparasitismo, resultado constatado também por Oliveira (2017), ao observar menor IVCM do fitopatógeno *Rhizoctonia solani* no confronto com *Brachysporiella* sp.

Pesquisas com isolados de *Trichoderma* spp. contra os patógenos *Sclerotinia rolfisii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium* sp. apresentaram resultados de inibição do crescimento entre 60 e 100% dos patógenos *in vitro* (CHAGAS JUNIOR *et al.*, 2018; FERREIRA DE SÁ *et al.*, 2019). Resultados semelhantes foram obtidos por Isaias *et al.* (2014) que avaliaram a atividade antagônica de *Trichoderma* spp. frente a *Sclerotium rolfisii* e *Verticillium dahliae* e alguns isolados chegaram a inibir 70% do crescimento do patógeno através do mecanismo de antibiose. Pode-se considerar que FCS *Brachysporiella* sp. e *P. terrestris* apresentam potencial antagonista de isolados de *Colletotrichum* sp.

Tabela 3. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), crescimento micelial (CM), porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC), nota de antagonismo, área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) e taxa de crescimento micelial (TCM) de *Colletotrichum* sp. em confronto direto com três dias de diferença, com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional

Tratamentos	IVCM	CM (cm)	PIC* (%)	NOTA	AACCM	TCM
<i>Colletotrichum</i> sp.	0.35 b	0.56 a	-	-	1.10 a	0.48 b
<i>Gonytrichum</i> sp.	0.26 ab	0.49 a	4.8 a	2.4 c	0.98 a	0.31 a
<i>P. terrestris</i>	0.32 ab	0.48 a	3.1 a	1.6 ab	0.96 a	0.47 b
<i>Ellisembia</i> sp.	0.30 ab	0.51 a	3.5 a	2.3 bc	1.01 a	0.38 ab
<i>Brachysporiella</i> sp.	0.23 a	0.45 a	5.5 a	1.2 a	0.92 a	0.26 a
CV (%)	19.71	27.48	46.31	23.09	28.71	17.29

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* Para efeito de análise estatística os dados de PIC foram transformados em $\sqrt{X+1}$. Dados são médias de cinco repetições.

No confronto com *Fusarium* sp., *Gonytrichum* sp. e *Ellisembia* sp. diminuíram o índice de velocidade de crescimento micelial do patógeno e crescimento micelial significativamente, os sapróbios *Gonytrichum* sp., *Ellisembia* sp. e *P. terrestris* apresentaram os menores valores, respectivamente. Porém apenas *Gonytrichum* sp. apresentou diferença significativa na porcentagem de inibição do crescimento micelial do patógeno em comparação aos demais sapróbios. Na escala de nota de Bell não houve diferença significativa, sendo que todos os sapróbios apresentaram crescimento em aproximadamente 60% da placa (Tabela 4).

Em relação à variável AACCM, todos os isolados testados diferiram estatisticamente da testemunha, demonstrando que de alguma forma foram capazes de afetar o crescimento micelial do patógeno. Os sapróbios *Gonytrichum* sp. e *Ellisembia* sp. apresentaram os menores valores de AACCM.

As reduções de crescimento micelial e velocidade do crescimento dos fitopatógenos em pareamento com FCS podem estar relacionados com a produção de substâncias tóxicas, competição por nutrientes e espaço, micoparasitismo, liberação de enzimas e metabólitos orgânicos secundários como mecanismo de ataque ou defesa (OLIVEIRA *et al.*, 2019; REMUSKA; DALLA, 2007). Luo *et al.* (2005) verificaram que o fungo basidiomiceto *Albatrellus dispansus* produz substâncias *in vitro* capazes de controlar *Fusarium graminearum* e *Sclerotinia sclerotiorum in vitro*, em 80 e 86%, respectivamente.

Tabela 4. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), crescimento micelial (CM), porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC), nota de antagonismo, área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) e taxa de crescimento micelial (TCM) de *Fusarium sp.* em confronto direto com três dias de diferença com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional

Tratamentos	IVCM	CM (cm)	PIC* (%)	NOTA	AACCM	TCM
<i>Fusarium sp.</i>	1.05 c	1.99 b	-	-	3.96 b	1.16 ab
<i>Gonytrichum sp.</i>	0.76 a	1.51 a	5.31 a	2.1 a	3.11 a	0.85 a
<i>P. terrestris</i>	0.91 bc	1.71 a	3.55 ab	2.2 a	3.41 a	1.03 ab
<i>Ellisembia sp.</i>	0.85 ab	1.62 a	4.43 ab	2.8 a	3.26 a	0.95 ab
<i>Brachysporiella sp.</i>	1.00 c	1.72 ab	2.34 b	2.2 a	3.37 a	1.24 b
CV (%)	8.18	8.58	25.98	25.45	8.02	16.50

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* Para efeito de análise estatística os dados de PIC foram transformados em $\sqrt{X+1}$. Dados são médias de cinco repetições.

Estudos de Heyens *et al.* (2011), com *Botrytis cinerea* em tomateiro, observaram redução de 30% da doença quando aplicado o agente fúngico antagonístico de forma curativa e redução de 90% das infecções quando aplicado de forma preventiva.

Os FCS no confronto com três dias de diferença apresentaram resultados melhores no teste com *Fusarium sp.* em relação ao confronto direto realizado ao mesmo tempo, demonstrando assim um potencial no uso preventivo para controle do patógeno, com maior potencial de competição.

3.3 PRODUÇÃO DE COMPOSTOS VOLÁTEIS

Não houve efeito significativo em relação à produção dos compostos voláteis dos FCS no crescimento micelial, índice de velocidade do crescimento micelial e porcentagem de inibição do crescimento micelial de *Colletotrichum sp.* (Tabela 5), sugerindo que não produzem compostos voláteis capazes de afetar o crescimento do fitopatógeno em questão. Segundo Bonfim (2010), os antagonistas podem secretar metabólitos secundários, não voláteis, que inibem o crescimento dos fitopatógenos, como observado nos ensaios de antagonismo direto.

Ao avaliar a influência da produção de COVs dos fungos sapróbios na taxa de crescimento micelial, foi observada diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 5), de forma que a menor TCM foi verificada na presença dos fungos *Brachysporiella sp.*, *P. terrestris* e *Ellisembia sp.* Resultados similares foram encontrados por Humphris *et al.* (2002) ao observarem os efeitos de compostos voláteis produzidos por *Trichoderma pseudokoningii*, *Trichoderma viride* e *Trichoderma aureoviride* sobre a taxa de crescimento de isolados de *Serpula lacrymans*, e constataram que este parâmetro foi afetado dependendo da interação microbiana. Os compostos voláteis produzidos por sapróbios também podem apresentar efeitos variados em diferentes espécies de microorganismos, inibindo ou estimulando o desenvolvimento de outros fungos (MANGENOT *et al.*, 1979).

Tabela 5. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), crescimento micelial (CM), porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC), área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) e taxa de crescimento micelial (TCM) de *Colletotrichum* sp. em confronto para produção de compostos voláteis com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional

Tratamentos	IVCM	CM (cm)	PIC* (%)	AACCM	TCM
<i>Colletotrichum</i> sp.	0.65 a	0.99 a	-	1.53 a	0.45 c
<i>Gonytrichum</i> sp.	0.46 a	0.81 a	2.3 a	1.07 a	0.36 bc
<i>P. terrestris</i>	0.60 a	0.60 a	4.9 a	1.09 a	0.28 ab
<i>Ellisembia</i> sp.	0.80 a	0.75 a	3.8 a	1.13 a	0.29 ab
<i>Brachysporiella</i> sp.	0.63 a	0.43 a	5.6 a	1.12 a	0,21 a
CV (%)	15.91	21.11	46.31	20.23	19.47

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* Para efeito de análise estatística os dados de PIC foram transformados em $\sqrt{X+1}$. Dados são médias de cinco repetições.

No pareamento com *Fusarium* sp., os sapróbios *P. terrestris*, *Brachysporiella* sp. e *Gonytrichum* sp. apresentaram diminuição no crescimento micelial, índice de velocidade de crescimento micelial, porcentagem de inibição do crescimento, área abaixo da curva de crescimento micelial e taxa de crescimento micelial do fitopatógeno, indicando que de alguma forma todos apresentaram uma produção de metabólitos capazes de inibir o crescimento micelial de *Fusarium* sp. (Tabela 6).

Mello *et al.* (2012) constataram inibição do crescimento (de 50 e 80%) de *Xanthomonas vesicatoria* submetida a compostos orgânicos voláteis tóxicos produzidos pelos fungos sapróbios *Dictyochoaeta simplex*, *Gonytrichum chlamydosporium*, *Stachybotrys globosa*, *Curvularia inaequalis* e *Volutella minima*.

Tabela 6. Índice de velocidade de crescimento micelial (IVCM), crescimento micelial (CM), porcentagem de inibição de crescimento micelial (PIC), área abaixo da curva de crescimento micelial (AACCM) e taxa de crescimento micelial (TCM) de *Fusarium* sp. em confronto para produção de compostos voláteis com fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional

Tratamentos	IVCM	CM (cm)	PIC* (%)	AACCM	TCM
<i>Fusarium</i> sp.	0.48 c	1.54 cd	-	6.79 c	0.42 c
<i>Gonytrichum</i> sp.	0.40 bc	1.36 bc	3.98 b	5.88 b	0.38 bc
<i>P. terrestris</i>	0.28 a	0.94 a	6.47 a	4.17 a	0.24 a
<i>Ellisembia</i> sp.	0.47 c	1.60 d	2.33 b	7.09 c	0.42 c
<i>Brachysporiella</i> sp.	0.38 b	1.25 b	4.28 ab	5.34 b	0.33 b
CV (%)	10.87	7.98	28.54	7.74	10.09

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

* Para efeito de análise estatística os dados de PIC foram transformados em $\sqrt{X+1}$. Dados são médias de cinco repetições.

Contribuindo com os resultados desta pesquisa, Oliveira *et al.* (2019) observaram que os fungos sapróbios *Brachysporiella* sp., *Dictyochoaeta* sp., *Gonytrichum* sp. e *Beltrania*

rhombrica foram capazes de produzir compostos orgânicos voláteis reduzindo germinação de esporos de *Colletotrichum musae*, *Colletotrichum truncatum* e *Fusarium* sp., e produção de estruturas de sobrevivência de *Sclerotinia sclerotiorum* e *Rhizoctonia solani*.

Segundo Punja e Utkhede (2013), o sucesso do uso de fungos antagonistas no controle de doenças baseia-se na interferência do ciclo de vida do patógeno, seja sobrevivência, disseminação ou infecção. Conforme observado nos resultados deste trabalho os FCS avaliados apresentam potencial de interferir no desenvolvimento de fitopatógenos.

Por meio dos resultados obtidos, surgem perspectivas promissoras para uso desses sapróbios conidiais no controle de antracnose e fusariose no maracujazeiro. Também se verifica a necessidade de outros estudos baseados no controle de fitopatógenos de interesse agrícola; além da prospecção de outros sapróbios conidiais da Amazônia, que é rica em biodiversidade desses fungos decompositores (BARBOSA *et al.*, 2017; MONTEIRO *et al.*, 2014).

4 CONCLUSÕES

Brachysporiella sp., *P. terrestris* e *Gonytrichum* sp. proporcionaram maior eficiência no controle de *Colletotrichum* sp. e, por outro lado, *Ellisembia* sp., *P. terrestris*, *Brachysporiella* e *Gonytrichum* sp. apresentaram potencial no controle de *Fusarium* sp.

5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pelo apoio financeiro do projeto n° 038/2016 - Induzido - FAPEMAT - Agricultura Familiar e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de iniciação científica do primeiro e segundo autores.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, F. R.; GUSMÃO, L. F. P.; CASTAÑEDA-RUIZ, R. F. *Craspedodidymella matogrossensis* gen. & sp. nov. from the Brazilian Amazon rainforest. **Mycotaxon**, Nova York, 132, n. 3, p. 643-647, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5248/132.643>.

BARBOSA, F. R.; MACHINER, M.; KORPAN, G. C.; BARBOSA, F. S. A.; RIBEIRO, M. L. Fungos conidiais decompositores de substratos vegetais. Biodiversidade do Parque Cristalino, p. 41-52, 2015.

BELL, D. K.; WELLS, H. D.; MARKHAM, C. R. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. **Phytopathology**, Cornell, v. 72, n. 4, p. 79-382, 1982. DOI: <https://doi.org/10.1094 / Phyto-72-379>.

BOMFIM, M. P.; SÃO JOSPE, A. R.; REBOUÇAS, T. N. H.; ALMEIDA, S. S.; SOUZA, I. V. B.; DIAS, N. O. Avaliação antagônica *in vitro* e *in vivo* de *Trichoderma* spp. a *Rhizopus stolonifer* em maracujazeiro amarelo. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 36, n. 1, p. 61-67. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052010000100011>.

BONETT, L. P.; CORRÊA, M. S. G.; POZZA-JÚNIOR, M. C.; ROSA, T. B.; SILVA, L. I. Antagonismo *in vitro* de *Trichoderma* spp. contra agente causal da antracnose em feijoeiro comum. SaBios. **Rev. Saúde e Biol.**, Campo Mourão, v. 8, n. 1, p. 27-35, 2013.

BOTREL, D. A.; LABORDE, M. C. F.; MEDEIROS, F. H. V.; RESENDE, M. L. V.; JÚNIO, P. M. R.; PASCHOLATI, S. F.; GUSMÃO, L. F. P. Saprobic fungi as biocontrol agents of halo blight (*Pseudomonas syringae* pv. *garcae*) in coffee clones. **Coffee Science**, v. 13, n. 3, p. 283-291, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25186/cs.v13i3.1438>.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990. 532p.

CASTRO, C. C.; GUTIÉRREZ, A. H.; SOTÃO, H. M. P. Novos registros de fungos anamorfos (hifomicetos) para o Neotrópico e América do Sul. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 515-521, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000400005>.

CASTRO, C. C.; GUTIÉRREZ, A. H.; SOTÃO, H. M. P. Fungos conidiais em *Eutephe oleracea* Mart. (açaizeiro) na Ilha do Combu, Pará-Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Belo Horizonte, v. 26, n. 4, p. 761-771, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000400005>.

CAVALCANTI, L. S.; DI PIERO, R. M.; CIA, P.; PASCHOLATI, S. F.; RESENDE, M. L. V.; ROMEIRO, R. S. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba. FEALQ. 2005. 263p.

CHAGAS JUNIOR, A. F. C.; CHAGAS, L. F. B.; SANTOS, G. R.; MARTINS, A. L. L.; CARVALHO FILHO, M. R. de; MILLER, L. O. Ação de *Trichoderma* spp. no controle de *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* e *Sclerotium rolfsii*. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, Palmas, v. 4, n. 2, p. 9-15, 2018.

COOK, R. J.; BAKER, K. F. **The nature and practice of biological control**. Saint Paul: American Phytopathology Society, 1983. 539p.

FERREIRA DE SÁ, Mylenna Nádja *et al.* Effect of *Bacillus* sp. and *Trichoderma* sp. in Micelial Growth of *Sclerotium rolfsii*. **Acta Brasiliensis**, Patos, v. 3, n. 2, p. 79-81, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22571/2526-4338158>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

HANSEN, E. H.; ALBERTSEN, L.; SCHAFER, T.; JOHANSEN, C.; FRISVAD, J. C.; MOLIN, S.; GRAM, L. *Curvularia haloperoxidase*: antimicrobial activity and potential application as a surface disinfectant. **Journal: Applied Environmental Microbiology**, Washington, v. 69, n. 8, p. 4611-4617, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1128/aem.69.8.4611-4617.2003>.

HEYENS, K.; AERTS, R.; SEELS, B.; VOGELS, L. E.; BRUNO, P. A. Controle biológico de *Botrytis cinerea* em tomate. **Acta Hortic.** p. 361-363, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.914.67>.

HUMPHRIS, S. N.; BRUCE, A.; BUULTJENS, E.; WHEATLEY, R. E. The effects of volatile microbial secondary metabolites on protein synthesis in *Serpula lacrymans*. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 210, n. 2, p. 215-219, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2002.tb11183.x>.

HYDE, K. D.; MCKENZIE, E. H. C.; KOKO, T. W. Towards incorporating anamorphic fungi in a natural classification - checklist and notes for 2010. **Mycosphere**, v. 2, n. 1, p. 1-88, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censos 2019**. Produção Agrícola Municipal, Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA/IBGE, 2019.

ISAIAS, C. O.; MARTINS, I.; SILVA, J. B. T. D.; SILVA, J. P. D.; MELLO, S. C. M. D. Antagonistic action and bioactive metabolites of *Trichoderma* spp. against the pathogens *Sclerotium rolfsii* and *Verticillium dahliae*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 40, n. 1, p. 34-41, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052014000100005>.

Jl, C.; KÜC, J. Antifungal activity of cucumber β -1,3 glucanase and chitinase. **Physiology and Molecular Plant Pathology**, London, v. 49, p. 257, 1996. DOI: <https://doi.org/10.1006/pmpp.1996.0053>.

LUO, D. Q.; SHAO, H. J.; ZHU, H. J.; LIU, J. K. Activity *in vitro* and *in vivo* against plant pathogenic fungi of grifolin isolated from the basidiomycetes *Albatrellus dispansus*. **Zeitschrift für Naturforschung**, St Andrews, v. 60, n. 2, p. 50-56, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2005-1-210>.

MANGENOT, F.; DIEM, H. G. **Fundamentals of biological control**. In: Krupa, S. V.; Dommergues, Y. R. (eds.). Ecology of root pathogens, Amstenolam: Elsevier, v. 5, p. 207-265, 1979. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-41639-1.50010-9>.

MANICOM, B.; RUGGIERO, C.; PLOETZ, R. C.; GOES, A. Diseases of passion fruit. In: PLOETZ, R. C. (ed.). **Diseases of tropical fruit crops**. CABI Publication, Wallingford, U. K., p. 275-289, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1079/9780851993904.0413>.

MELLO, F. E.; PEITL, D. C.; SUMIDA, C. H.; CALVO, N. S.; ARAUJO, F. A.; BALBIPEÑA, M. I. Inibição de *Xanthomonas vesicatoria* por compostos orgânicos voláteis produzidos por fungos sapróbios. **Tropical Plant Pathology**, Manaus, v. 38, p. 487, ago. 2012.

MONTEIRO, J. S.; GUSMÃO, P.; FERNANDO, L.; CASTAÑEDA-RUIZ, R. F. A new species of *Arachnophora* from submerged wood in the Amazon rainforest, Brazil.

Mycotaxon, Nova York, v. 128, n. 1, p. 127-130, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5248/128.127>.

MONTEIRO, J. S.; GUTIÉRREZ, A. H.; SOTÃO, H. M. P. Fungos anamorfos (*Hyphomycetes*) da Floresta Nacional de Caxiuanã, Pará, Brasil. Novos registros para o Neotrópico. **Acta Botânica Brasileira**, Belo Horizonte, v. 24, n. 3, p. 868-870, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000300029>.

OLIVEIRA, S. A. B. **Fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional no controle in vitro de fitopatógenos**. 2017. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT, 2017.

OLIVEIRA, S. A. B. D.; BARBOSA, F. R.; ANDRADE, E. A.; FERRARINI, S. R.; BONALDO, S. M. Compostos voláteis de fungos conidiais sapróbios da Amazônia Meridional no controle in vitro de fitopatógenos. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 45, n. 3, p. 302-307, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/178478>.

OLIVEIRA, J. A. **Efeito do tombamento fungicida em sementes no controle de tombamento de plântulas de pepino (*Cucumis sativas* L.) e pimentão (*Capsicum annanum* L.)**. 1991. 111 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1991.

PEITL, D. C.; ARAUJO, F. A.; GONÇALVES, R. M.; SANTIAGO, D. C.; SUMIDA, C. H.; BALBI-PEÑA, M. I. Biological control of tomato bacterial spot by saprobe fungi from semi-arid areas of northeastern Brazil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 3, p. 1251-1263, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1251>.

PINTO, F. A. M. F. **Controle de mancha manteigosa com fungos sapróbios em cafeeiro**. 2013. 72f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

PUNJA, Z. K.; UTKHEDE, R. S. Using fungi and yeasts to manage vegetable crop diseases. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam, v. 21, p. 400-407, 2003. DOI: [http://doi.org/10.1016/S0167-7799\(03\)00193-8](http://doi.org/10.1016/S0167-7799(03)00193-8).

REMUSKA, A. C.; DALLA PRIA, M. Efeito de *Bacillus thuringiensis* e *Trichoderma* sp. no crescimento de fungos fitopatogênicos. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 31-36, 2007.

ROCHA, F. V. R.; SANTOS SOUZA, B.; FEITOSA, M. A. C.; SANTOS, T. T. Fungos associados a troncos de árvores em decomposição na floresta nacional do tapajós, Pará, Brasil. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, Campo Mourão, p. 43-52, 2018.

SANTOS, R. F. D.; SOTÃO, H. M. P.; MONTEIRO, J. S.; GUSMÃO, L. F. P.; GUTIERREZ, A. H. Conidial fungi associated with leaf litter of red cedar (*Cedrela odorata*) in Belem, Pará (Eastern Brazilian Amazon). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 48, n. 3, p. 230-238. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201704411>.

SOLINO, A. J. S.; OLIVEIRA, J. B. S.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; ALENCAR, M. S. R.; RIBEIRO, L. M. Potencial antagonista e controle *in vitro* de *Alternaria solani* por fungos sapróbios. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 43, n. 3, p. 199-204, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2202>.

SOLINO, A. J. S.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; OLIVEIRA, J. S. B.; RIBEIRO, L. M.; SAAB, M. F. Acúmulo de fitoalexinas em feijão, soja e sorgo por filtrados de fungos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 1073-1078, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n429rc>.

ZHANG, Y.; TIAN, R.; LIU, S.; CHEN, X.; LIU, X.; CHE, Y. Alachalasin A-G, new cytochalasins from the fungus *Stachybotrys charatum*. **Bioorganic & Medicinal Chemistry**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 2627-2634, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2007.11.042>.