


# Isolados de *Trichoderma* sp. e óleos essenciais de *Lippia sidoides* no controle da fusariose da bananeira

*Trichoderma* sp. isolates and essential oils of *Lippia sidoides* on control of banana fusarium disease

Wilson José da Silva Junior<sup>1</sup> \* , Tereza Cristina de Assis<sup>2</sup>, Domingos Eduardo Guimarães Tavares de Andrade<sup>2</sup>, Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho<sup>1</sup>, Delson Laranjeira<sup>1</sup>, Regina Ceres Torres da Rosa<sup>2</sup>, Luciana Melo Sartori Gurgel<sup>2</sup>, Paulyne Charlotte Gonçalves Celestino<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia, Área de Fitosanidade. R. Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil. CEP 52171-900.

<sup>2</sup>Instituto Agronômico de Pernambuco (IPA), Recife, PE, Brasil

\*autor correspondente

✉ [wilson\\_jsjunior@hotmail.com](mailto:wilson_jsjunior@hotmail.com)

**RESUMO:** Este estudo objetivou avaliar a ação *in vitro* de isolados de *Trichoderma* spp. e óleos essenciais de *Lippia sidoides* sobre isolados de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc) raça 1, verificar o efeito isolado e combinado desses tratamentos em mudas de bananeira do tipo maçã, inoculadas com Foc. Nos testes *in vitro* foram utilizados 10 isolados de *Trichoderma* sp. no pareamento com 15 isolados do fitopatógeno e dois óleos essenciais identificados como 103 e 109 nas concentrações de 0,3, 0,6, 0,9, 1,2, e 1,5  $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$  adicionados ao meio de cultura BDA a 45° C. As avaliações consistiram na medição diária do crescimento micelial (CM) do fitopatógeno, obtendo-se a taxa de crescimento (TC) por regressão e a inibição do crescimento micelial (ICM), juntamente à quantificação da esporulação ao final da avaliação. No teste *in vivo* foram avaliados nove tratamentos. As mudas foram lavadas, as raízes cortadas a 5 cm de sua extremidade e imersas nas suspensões dos fitopatógenos, e então as mudas foram plantadas nos respectivos recipientes. Todos os isolados foram patogênicos com destaque para AM A, CMM 2920, AM D, e AM E. Os isolados de *Trichoderma* sp. afetaram o desenvolvimento do patógeno *in vitro* com destaque para LCB-72 e LCB-79, que induziram as maiores médias de ICM e menores CM e TC, assim como os óleos essenciais, sendo 1,2 ppm a concentração que inibiu o crescimento do fitopatógeno, e a partir da concentração de 0,9  $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$  não houve esporulação. No teste *in vivo*, os tratamentos com o isolado LCB 79 de *Trichoderma* se destacaram, promovendo uma menor severidade da doença.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bananeira maçã, controle biológico, mal do Panamá, manejo.

**ABSTRACT:** This study aimed to evaluate the *in vitro* action of *Trichoderma* spp. isolates and *Lippia sidoides* essential oils on *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* isolates (Foc race 1), in order to verify the isolated and combined effects of these treatments on apple banana seedlings inoculated with Foc. In the *in vitro* tests, 10 *Trichoderma* sp. isolates were paired with 15 phytopathogenic isolates and two essential oils identified as 103 and 109 at concentrations 0.3; 0.6; 0.9; 1.2; 1.5  $\mu\text{L}.\text{mL}^{-1}$ , and then added to BDA culture medium at 45° C. The evaluations consisted of daily measurements of the mycelial growth (MG) of the phytopathogens, thus obtaining the growth rate (GR) by regression and inhibition of mycelial growth (IMG); as well as the sporulation determination at the end of the evaluation. In the *in vivo* test, nine treatments were evaluated. The seedlings were washed, the roots cut about 5 cm from their extremities and immersed in the phytopathogenic suspensions. The seedlings were planted in the respective containers. All isolates were pathogenic with emphasis on AM A, CMM 2920, AM D, and AM E. *Trichoderma* sp. isolates affected the development of the *in vitro* pathogen, with emphasis on LCB-72 and LCB-79, which induced the highest IMG mean and lowest MG and GR, as well as essential oils, at a concentration of 1.2 ppm, inhibited the growth of the phytopathogens to 0, and concerning the concentration 0.9  $\text{mL}.\text{mL}^{-1}$ , there was no sporulation. In the *in vivo* test, treatment with the *Trichoderma* isolate LCB 79 showed to promote less disease severity.

**KEYWORDS:** Apple banana, biological control, Panama disease, management.

## Introdução

A bananeira (*Musa L. spp.*) é uma das mais importantes culturas do mundo, sendo considerada a quarta maior em termos de produção no ano de 2021, totalizando 5.336.862 ha de área plantada e uma produção de 124.978.578 t (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2022). As variedades de bananeiras mais difundidas no Brasil são as do tipo Prata (prata, *pacovan* e prata-anã), responsáveis por 60% da área cultivada; a Maçã, *Mysore*; as do tipo *Cavendish* (nanica, nanicão e grande *naine*), preferidas pelo mercado internacional; e as bananas do tipo da Terra (terra e d'angola) (SILVA et al., 2000, 2006).

A fusariose, também conhecida como mal do Panamá, murcha de fusário ou murcha de *Fusarium* da bananeira, é uma das doenças mais destrutivas dessa cultura em todo o mundo (PLOETZ, 2006). O *Fusarium* é um dos gêneros de fungos fitopatogênicos mais estudados, devido aos sérios problemas econômicos ocasionados pela sua ação como fitopatógeno e sua ampla distribuição geográfica (ETHUR et al., 2008).

Elevada ênfase tem sido dada por vários setores do agronegócio da banana ao controle alternativo de doenças de plantas, destacando-se entre esses o controle biológico e o uso de óleos essenciais. Espécies de fungos do gênero *Trichoderma* são muito difundidas no solo, reconhecidas pelo efeito antagonico contra várias espécies de fitopatógenos, além disso, são capazes de atuarem como promotores de crescimento e indutores de resistência de plantas às doenças (SILVA et al., 2015). A espécie *Lippia sidoides* Cham. (*Verbenaceae*), conhecida como alecrim pimenta, é uma planta aromática encontrada na região de Caatinga do Nordeste brasileiro e tem mostrado diversas atividades biológicas, tornando-se uma potencial fonte de compostos biologicamente ativos. Estudos têm relatado diversas propriedades biocontroladoras para seu óleo essencial (GUIMARÃES et al., 2014).

Apesar da importância da fusariose da bananeira para o Brasil, a inexistência de variedades de bananeira Maçã resistentes à fusariose, assim como as dificuldades e ineficiência tanto do controle químico quanto da rotação de culturas, pouco tem sido feito para reduzir a severidade da doença no país, particularmente nas áreas de plantio do Nordeste brasileiro. Portanto, este estudo teve como objetivos avaliar a ação *in vitro* de isolados de *Trichoderma spp.* e óleos essenciais de *Lippia sidoides* sobre *F. oxysporum* f.sp. *cubense* (raça 1), além de avaliar a ação isolada e combinada desses tratamentos *in vivo* em mudas de bananeira tipo Maçã, visando propiciar alternativas de controle para o manejo da doença.

## Material e Métodos

### Micro-organismos e preparo do inóculo

Os isolados raça 1 de *F. oxysporum* f.sp. *cubense* (Foc) foram obtidos da Coleção Maria Menezes (3 isolados), oriundos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e da Coleção do Laboratório de Fitopatologia (12 isolados) do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), totalizando 15 isolados utilizados. Os 10 isolados de *Trichoderma sp.*

foram todos obtidos do laboratório de fungos do solo da UFRPE. Os isolados de Foc, por serem oriundos de coleções de microrganismos e terem sido mantidos por diferentes tempos de preservação, foram inoculados em mudas de bananeira maçã e re-isolados para comprovar a patogenicidade, sendo então utilizados nos experimentos deste estudo. Em todos os testes, os isolados do fitopatógeno e do antagonista foram cultivados em placas de Petri (90 mm) contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar), onde permaneceram por sete dias em câmara tipo BOD, sob regime de alternância luminosa (12 h luz e 12 h escuro) e temperatura de 25° C.

Os isolados tanto de Foc quanto de *Trichoderma sp.* foram inicialmente identificados morfológicamente e posteriormente através de técnicas moleculares. Para a identificação molecular dos isolados de *Trichoderma sp.* foram utilizados os *primers* da região ITS1/ITS4, que geraram as seguintes sequências depositadas e referenciadas no GenBank: LCB 292 (NF958EJ0015), LCB 47 TE (NF975YZS014), LCB 71 (NF98CPC7014), LCB 72 (NF99G83C014), LCB 79 (NF9AW5YZ014), LCB 80 (NF9CUPDH015), T 15 (NF9DXC1E014), e T223 (NF9F7RM6014). Os isolados do *Fusarium sp.* foram identificados utilizando apenas o fator de alongação 1 $\alpha$ , os códigos gerados e depositados no GenBank foram: AM A (NF9H16NF014), AM B (NF9J641Y015), AM C (NF9K9REK014), AM D (NF9M7WYM015), AM E (NF9N9W3C014), AM F (NF9PETCA014), AM I (NF9RG97X015), AM J (NF9SKFNG015), AM L (NF9TGUBK014), AM M (NF9UTN3C015), AM N (NF9VX1NJ014), 2820 (NF9X2660014), 2916 (NF9YA4GT014), 2920 (NF9ZAWDS015) e AM 50 (NFA0D5JH015).

Nesses estudos de identificação das espécies dos micro-organismos, foram preparadas culturas monospóricas de todos os isolados, por meio de métodos de diluição em série de suspensão de conídios. Para a preservação dos isolados, culturas limpas foram repicadas para tubos de ensaio contendo BDA e mantidos à temperatura de 5° C.

Nos experimentos *in vivo*, para o preparo do inóculo de Foc, três discos contendo estruturas do fitopatógeno foram repicados para Erlenmeyers de 500 mL contendo 80 g de arroz autoclavado. Os frascos permaneceram incubados em BOD, sob regime de alternância luminosa, à temperatura de 27,5°C, sendo agitados manualmente por 15 segundos (3 vezes ao dia) até completar 15 dias de cultivo. Após esse período, o substrato de arroz colonizado foi acondicionado em Beckers esterilizados, contendo 100 mL de água destilada esterilizada (ADE) e homogeneizados, sendo filtradas as suspensões em camada dupla de gaze esterilizada. As concentrações das suspensões de esporos foram ajustadas para 1x10<sup>6</sup> conídios/mL<sup>-1</sup>, utilizando-se a câmara de Neubauer. Para o preparo do inóculo de *Trichoderma* foram repicados três discos contendo estruturas do patógeno para sacos de polipropileno contendo 500 g de arroz esterilizado, conforme metodologia descrita por Elad e Chet (1983), em seguida foram condicionados em BOD a 27,5° C por 20 dias, sendo agitados manualmente por 15 segundos (3 vezes ao dia). A concentração de conídios foi determinada homogeneizando 1g de substrato colonizado em 9 mL de ADE, sendo verificada em seguida em câmara de Neubauer a

concentração de  $7,12 \times 10^4$  conídios/mL<sup>-1</sup> para o isolado LCB-72, e  $7,09 \times 10^4$  conídios/mL<sup>-1</sup> para o isolado LCB-79.

### Obtenção de óleos essenciais e mudas de bananeira

Os óleos (103 e 109) foram obtidos junto à Universidade Federal de Sergipe (UFS), extraídos de plantas de *L. sidoides* obtidas do Banco de Germoplasma da UFS. As folhas foram secas em estufa de secagem com aeração forçada a 40° C ( $\pm 2^\circ$  C), até atingirem massa constante. Posteriormente, adicionou-se 1 L de água destilada em 100 g das folhas previamente secas, de onde o óleo essencial foi extraído pelo método de hidrodestilação, com destilador tipo *Clevenger*, acoplado a um balão de vidro (3 L), durante 160 minutos. O óleo essencial foi retirado com o auxílio de uma micropipeta, acondicionado em frasco de vidro âmbar envolto com papel alumínio e mantido sobre refrigeração até o momento de sua utilização.

As mudas de bananeira utilizadas neste estudo foram produzidas por micropropagação e obtidas junto às Biofábricas da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura situadas em Cruz das Almas (BA), e do Instituto Agrônomo de Pernambuco situado em Goiana (PE). As plantas micropropagadas foram recebidas com 60 dias de idade e passaram um período de 30 dias de aclimação em telado, onde receberam os tratamentos culturais adequados (adubação, irrigação, desbaste, etc.) para seu pleno desenvolvimento.

### Avaliação da patogenicidade dos isolados de *F. oxysporum* f.sp. *cubense*

Foram avaliados quanto à patogenicidade 15 isolados de *Foc* (AM A, AM B, AM C, AM D, AM E, AM F, AM I, AM J, AM L, AM M, AM N, AM 50, CMM 2820, CMM 2916 e CMM 2920), que foram cultivados e tiveram o inóculo preparado conforme descrito anteriormente. As mudas micropropagadas e aclimatadas tiveram as raízes lavadas e cortadas a 5 cm de sua extremidade com tesoura esterilizada, sendo a inoculação realizada pela imersão total das raízes na suspensão de conídios dos fitopatógenos por 1h, segundo metodologia adaptada de Rodriguez et al. (2011).

As mudas foram plantadas em recipientes plásticos contendo substrato comercial para mudas previamente esterilizado em autoclave à temperatura de 121° C e 1 atm de pressão por 30 minutos em três dias consecutivos. Após a esterilização, o substrato foi mantido em repouso por seis dias, para liberação da umidade excessiva e de componentes químicos voláteis prejudiciais às plantas.

As plantas foram avaliadas 35 dias após a inoculação dos fitopatógenos por meio de escalas de notas para sintomas externos (murcha/amarelecimento), adaptados de Cordeiro (1999), variando os sintomas de 0 a 4: 0 (sem sintoma); 1 (25% das folhas com sintomas de murcha/amarelecimento); 2 (50%), 3 (75%) e 4 (planta totalmente murcha ou morta). Para sintomas internos, adaptados de Mohamed et al. (2001), foi usada uma escala variando de 1 a 6: 1 (ausência de descoloração nos rizomas, planta sadia); 2 (pontos isolados de descoloração no rizoma); 3 (descoloração de até 25% do rizoma); 4 (descoloração entre 25 e 50% do rizoma); 5 (descoloração superior a 50% do rizoma); e 6 (descoloração total do rizoma ou planta morta).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 3 repetições, cada uma constituída por 4 plantas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software STATISTIX 9.0.

### Efeito *in vitro* de isolados de *Trichoderma* e óleos essenciais de *L. sidoides* sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*

O pareamento dos isolados de *Trichoderma* e de *Foc* foi realizado pelo método de cultura-dupla, onde dois discos, sendo um do isolado do fitopatógeno e o outro do antagonista, foram colocados simetricamente em lados opostos da placa de Petri (90 mm), ambos à 10 mm da borda. As placas foram acondicionadas em BOD à temperatura de 27,5° C e fotoperíodo de 12 horas por 7 dias. Foram feitas mensurações diárias dos diâmetros dos isolados sempre no mesmo horário por um período de sete dias.

Na avaliação do efeito dos óleos essenciais de *L. sidoides* foram utilizadas as concentrações de 0,3; 0,6; 0,9; 1,2 e 1,5  $\mu$ L/mL<sup>-1</sup> dos óleos 103 e 109 em meio de cultura Batata-dextrose-ágar (BDA). O óleo essencial foi adicionado ao meio BDA fundente com temperatura máxima de 45° C e, em seguida, vertido em placas de Petri de 90 mm de diâmetro. No centro de cada placa foi depositado um disco de meio de 5 mm de diâmetro contendo estruturas do fitopatógeno isolados AM B, AM J e AM N. As placas foram incubadas nas mesmas condições do teste anterior. A testemunha consistiu no crescimento micelial do fungo, por meio da deposição de disco de micélio em placa de Petri, contendo meio de cultura BDA sem adição dos óleos essenciais. As avaliações foram realizadas diariamente, através de medições do diâmetro das colônias em dois eixos ortogonais, até que o crescimento micelial de qualquer repetição da testemunha atingisse o diâmetro total da placa de Petri.

Ao final do período de avaliação dos experimentos foram adicionadas alíquotas de 10 mL de ADE às placas e realizadas raspagens superficiais para determinar a esporulação nas suspensões obtidas, por meio da contagem de conídios em câmara de Neubauer. Além disso, com base nos dados diários obtidos foram avaliados o crescimento micelial (CM), a taxa de crescimento micelial (TC) obtida por regressão dos dados diários, e a inibição do crescimento micelial (ICM) obtida pela fórmula  $ICM = (DT - DTR) \times 100/DT$ , onde DT = diâmetro da testemunha e DTR = diâmetro do tratamento.

O delineamento em ambos os experimentos foi inteiramente casualizado com 4 repetições, sendo as médias no teste com *Trichoderma* comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, enquanto as médias do teste com os óleos em diferentes concentrações foram analisadas por regressão, utilizando o software STATISTIX 9.0.

### Efeito de *Trichoderma* e óleos essenciais de *L. sidoides* em mudas de bananeira contra a fusariose

No teste *in vivo* foram avaliados nove tratamentos que consistiram nos antagonistas (LCB-72 e LCB-79), os óleos essenciais (103 e 109), as combinações (LCB-72 x óleo 103,



LCB-72 x óleo 109, LCB-79 x óleo 103, LCB-79 x óleo 109) e o produto comercial trichodermil (TC).

As mudas micropropagadas foram tratadas com os óleos essenciais, adicionando 20 mL de solução a 1,5  $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$  próximo as raízes no tubete de aclimação, enquanto 5 g de substrato de arroz contendo os isolados de *Trichoderma* sp. e 5 g de trichodermil ( $5 \times 10^7$  conídios/ $\text{g}^{-1}$ ) foram aplicados ao substrato dos recipientes do experimento. Neste estudo foi realizado o tratamento preventivo das mudas, onde as mesmas foram tratadas com os óleos, com o *Trichoderma* e o Trichodermil incorporados no substrato com antecedência de 48 horas da inoculação dos isolados de Foc nas plantas.

Para a inoculação de Foc, os procedimentos foram os mesmos descritos para a avaliação da patogenicidade, sendo em seguida realizada a imersão em suspensão de conídios ( $1 \times 10^6$  conídios/ $\text{mL}^{-1}$ ) dos isolados que apresentaram altos níveis de patogenicidade (AM E) e baixos níveis de patogenicidade (AM B), por 1h. O plantio, o substrato e as avaliações foram realizados conforme previamente descrito para a avaliação da patogenicidade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições, cada uma constituída por 4 plantas, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o *software* STATISTIX 9.0.

## Resultados e Discussão

### Avaliação da patogenicidade dos isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense*

Na avaliação da patogenicidade dos isolados de Foc, todos foram considerados patogênicos às mudas de bananeira do tipo maçã (Tabela 1).

No presente trabalho se destacaram cinco isolados (CMM 2820, AM D, AM A, AM e AM C) como os mais virulentos, concomitantemente a um maior grau de sintoma externo (3,83, 3,75, 3,33 e 3,33, respectivamente) dentre os isolados testados, que diferiram significativamente dos menores valores observados nos isolados de AM J (0,58) e AM N (0,50). De maneira similar, Castro et al. (2008), no patossistema *Heliconia-F. oxysporum* f.sp. *cupense*, verificaram variações quanto à patogenicidade dos isolados do fitopatógeno, o que permitiu a formação de três grupos de agressividade. Os isolados que causaram mais sintomas externos também promoveram os maiores graus de sintomas internos: CMM 2820 (5,83), AM A (5,83), AM D (5,75) e AM E (5,17). No entanto, observamos que o isolado AM M promoveu mais os sintomas internos que externos, ou seja, apesar da planta estar internamente comprometida, ainda é possível que não haja qualquer tipo de sintoma externo perceptível.

A sintomatologia externa apresentada pelas mudas micropropagadas foi semelhante ao tipo de sintoma que as plantas adultas apresentam, conforme relatado na literatura especializada (CORDEIRO; MATOS; KIMATI, 2005; PLOETZ, 2006), tais como o amarelecimento das folhas mais velhas para as folhas mais novas e rachaduras no pseudo-caule próximo ao solo ou substrato. No entanto, também foi observado o colapso no pecíolo em todas as mudas que apresentaram infecção interna.

**Tabela 1.** Avaliação da patogenicidade de isolados de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cupense* (raça 1) em mudas de bananeira da cv maçã, sob condições de casa-de-vegetação.

Isolado <sup>1</sup>	Sintoma Externo <sup>2</sup>	Sintoma Interno <sup>3</sup>
AM A	3,33 ab	5,83 a
AM B	0,83 cd	1,92 c
AM C	0,92 cd	1,58 c
AM D	3,75 a	5,75 a
AM E	3,33 ab	5,17 a
AM F	1,25 cd	1,42 c
AM I	1,17 cd	1,42 c
AM J	0,58 d	1,83 c
AM L	0,75 cd	1,83 c
AM M	1,08 cd	4,17 ab
AM N	0,50 d	1,83 c
AM 50	2,33 abc	4,50 ab
CMM 2820	3,83 a	5,83 a
CMM 2916	1,42 cd	2,67 bc
CMM 2920	1,75 bcd	2,83 bc

Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Os isolados AM são oriundos da Coleção de Culturas do Instituto Agronômico de Pernambuco, e os isolados CMM, da Coleção de Culturas Profa Maria Menezes da Universidade Federal Rural de Pernambuco. <sup>2</sup>Sintomas externos observados aos 35 dias após a inoculação do patógeno, avaliados utilizando escala de notas, variando de 0 (planta sem sintoma) a 4 (planta totalmente murcha ou morta). <sup>3</sup>Sintomas internos observados aos 35 dias após a inoculação do patógeno, avaliados utilizando escala de notas, variando de 1 (ausência de descoloração nos rizomas) a 6 (descoloração total do rizoma ou planta morta).

### Efeito *in vitro* de isolados de *Trichoderma* e óleos essenciais de *L. sidoides* sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *cupense*

Nos experimentos *in vitro*, todos os isolados de *Trichoderma* sp. afetaram o crescimento de *F. oxysporum* f. sp. *cupense* (Foc) (Tabela 2). Os isolados reduziram o crescimento micelial de forma significativa. Tal fato demonstra a alta competitividade dos isolados de *Trichoderma* por nutrientes e espaço, sendo este um importante mecanismo usado pelo fungo no controle de micro-organismos, principalmente nas interações com *F. oxysporum* (SEGARRA et al., 2010; SRINIVASAN; STAINES; BRUCE, 1992). Em relação às interações entre isolados de *Trichoderma* e de Foc, verificamos que o maior crescimento micelial (CM) (33,9 mm) foi observado na interação do Tric C e AM N, que não diferiu da testemunha, enquanto a menor média de CM (18,6) diferiu significativamente da testemunha.

O desenvolvimento do *Trichoderma* sp. foi extremamente rápido, suspendendo a atividade de alguns isolados de Foc 72 horas após a montagem do experimento. Não houve formação de halo de inibição, o crescimento de *Trichoderma* sp. foi contínuo, observando-se crescimento sobre o micélio de Foc.

A atividade inibitória de *Trichoderma* sp. no CM de Foc foi promovida por todos os isolados do antagonista, destacando-se os isolados LCB 47 TE, LCB 71, LCB 72 e LCB 79. O fato de alguns isolados se destacarem dentre os outros pode estar

relacionado com uma maior capacidade antagônica, pois, além do parasitismo direto, podem estar envolvidos mecanismos como antibiose e competição por nutrientes, característicos desse gênero fúngico (FRAVEL, 2005).

Na maioria dos casos, os isolados de *Trichoderma* promoveram a redução significativa da taxa de crescimento micelial em relação à testemunha, destacando-se numericamente os isolados LCB 79 e LCB 72 por proporcionar, em média, as menores

taxas de crescimento micelial (TCM) verificadas neste estudo (Tabela 3). Nas interações de LCB 72 com CMM 2920 e AM M foram verificadas as menores TCM, de 1,29 mm/dia e 1,46 mm/dia, respectivamente. O antagonista conseguiu reduzir eficientemente a TCM dos isolados de Foc, demonstrando seu potencial de utilização como agentes de biocontrole.

Os resultados do efeito de isolados de *Trichoderma* sp. sobre a inibição do crescimento micelial de Foc estão listados na

**Tabela 2.** Efeito de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. sobre o crescimento micelial (mm) de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Isolados <sup>1</sup>	Isolados de <i>Trichoderma</i> spp. <sup>1</sup>										Testemunha <sup>2</sup>
	LCB 292	LCB 47 TE	LCB 71	LCB 72	LCB 79	LCB 80	T 15	T 223	Tric 2 E-5	Tric C	
AM A	27,0 abB	26,1 aB	24,8 aB	24,2 abB	26,4 abB	25,7 abB	27,9 abcB	27,6 abB	27,3 abcB	29,5 abAB	36,0 defA
AM B	29,2 aB	28,2 aB	29,4 aB	27,9 aB	29,4 aB	29,7 abB	27,8 abcB	31,4 aB	28,5 abcB	32,3 abB	45,7 abA
AM C	28,2 abB	25,4 aB	25,6 aB	24,4 abB	24,4 abB	28,4 abB	24,1 abcB	27,3 abB	24,1 abcB	29,9 abB	38,0 cdefA
AM D	24,8 abCD	27,8 aBCD	26,7 aBCD	24,9 abCD	21,5 bCD	28,4 abBC	21,0 cD	27,9 abBC	26,8 abcBCD	33,5 aAB	37,3 cdefA
AM E	26,7 abB	28,6 aB	27,4 aB	25,1 abB	24,6 abB	27,5 abB	25,3 abcB	30,2 abAB	29,5 abAB	28,0 abB	35,5 defA
AM F	25,4 abc	28,2 abc	26,5 aC	26,9 abc	25,8 abc	29,4 abBC	29,9 abc	31,3 abc	30,2 abc	33,5 aB	47,9 aA
AM I	21,1 bB	24,3 aB	23,8 aB	23,5 abB	21,6 bB	26,5 abAB	25,4 abcB	24,0 bB	24,6 abcB	25,6 bB	33,0 efA
AM J	30,6 aB	29,9 aB	28,8 aB	30,3 aB	29,2 aB	31,1 abB	28,1 abcB	29,1 abB	26,2 abcB	32,7 abB	44,0 abcA
AM L	26,4 abBC	27,6 abc	28,0 abc	23,8 abC	28,1 abBC	28,7 abBC	28,3 abBC	28,7 abBC	26,3 abcBC	32,5 abB	43,6 abcA
AM M	25,5 abAB	27,4 aAB	26,5 aAB	24,3 abB	25,0 abAB	27,2 abAB	26,3 abcAB	28,7 abAB	30,5 aAB	31,8 abA	31,6 fA
AM N	27,3 abB	30,2 aB	28,5 aB	27,3 aB	27,1 abB	31,8 aB	29,3 abB	31,2 abB	30,1 aB	33,9 aB	43,7 abcA
AM 50	27,6 abB	24,5 aB	26,1 aB	23,6 abB	23,2 abB	24,2 bB	22,6 bcB	25,5 abB	23,8 abcB	28,8 abB	46,7 abA
CMM 2820	25,1 abB	28,8 aB	26,8 aB	26,4 aB	25,5 abB	28,1 abB	26,0 abcB	27,3 abB	28,2 abcB	30,6 abB	41,1 abcdA
CMM 2916	25,1 abBC	25,9 abc	25,2 abc	28,2 aB	26,3 abBC	26,2 abBC	25,3 abcBC	27,3 abBC	21,3 cC	29,9 abB	37,7 cdefA
CMM 2920	28,1 abB	26,0 aB	23,0 abc	18,6 bC	23,7 abBC	24,9 abBC	24,4 abcBC	27,7 abB	22,7 bcBC	27,7 abB	39,8 bcdeA

Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Os isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* e *Trichoderma* spp. foram cultivados por 7 dias em temperatura de 27,5°C com alternância luminosa (12h de luz). <sup>2</sup>A testemunha consistiu em placas com a deposição de um disco contendo micélio do patógeno e, do lado oposto, um disco de meio esterilizado.

**Tabela 3.** Efeito de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. sobre a taxa de crescimento (mm/dia) de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Isolados <sup>1</sup>	Isolados de <i>Trichoderma</i> spp. <sup>1</sup>										Testemunha <sup>2</sup>
	LCB 292	LCB 47 TE	LCB 71	LCB 72	LCB 79	LCB 80	T 15	T 223	Tric 2 E-5	Tric C	
AMA	2,17 aB	2,47 aB	2,29 aB	2,10 abB	2,05 aB	2,06 bB	2,51 aB	2,73 aB	2,34 abB	2,77 aB	4,36 cdeA
AM B	2,16 aC	2,42 abc	2,62 abc	2,07 abC	2,02 aC	2,40 abBC	2,39 abc	2,86 abc	2,44 abc	3,27 ab	5,50 abA
AM C	2,72 abCD	2,44 abCD	2,24 aCD	2,25 abCD	2,00 aD	3,16 abBC	2,14 aCD	2,73 abCD	2,16 abCD	3,51 ab	4,75 bedA
AM D	1,98 aCD	2,49 abCD	2,42 aCD	1,93 abD	1,71 aD	3,02 abABC	2,28 aCD	2,59 abCD	2,40 abCD	3,54 aAB	3,92 deA
AM E	2,12 abc	2,27 abc	2,46 abc	2,15 abBC	1,71 aC	2,40 abBC	2,29 abc	2,91 aB	2,93 aB	2,87 aB	4,06 deA
AM F	1,84 aD	2,21 aCD	2,24 aCD	2,08 abCD	1,90 aCD	2,70 abBCD	2,94 abc	2,92 abc	2,86 abCD	3,52 ab	5,62 abA
AM I	1,96 aCD	2,69 abCD	2,49 abCD	2,45 abCD	1,77 aD	3,08 abB	2,99 abc	2,78 abCD	2,98 abc	3,43 ab	4,51 bcdeA
AM J	2,48 aC	2,49 aC	2,32 aC	2,53 aC	2,45 aC	3,24 abc	2,57 aC	2,76 abc	2,73 abc	3,66 ab	5,49 abA
AM L	1,91 aC	2,10 abc	2,14 abc	1,81 abc	2,03 aC	2,81 abBC	2,35 abc	2,50 abc	1,95 abc	3,14 ab	4,97 abcdA
AM M	1,87 aCDE	1,91 aCDE	2,03 aCDE	1,46 abE	1,72 aDE	2,59 bABCD	2,12 abcDE	2,34 abcDE	2,91 aABC	3,10 aAB	3,58 eA
AM N	1,85 aDE	2,37 aCDE	2,38 aCDE	1,77 abE	2,12 aCDE	3,06 abBC	2,53 aCDE	2,90 abCD	2,61 abcDE	3,67 ab	5,48 abcA
AM 50	2,33 aC	2,56 abc	2,38 aC	1,88 abC	1,85 aC	2,73 abBC	2,05 aC	2,75 abc	2,19 abc	3,46 ab	6,05 aA
CMM 2820	1,81 abc	2,34 abc	2,22 abc	1,76 abBC	1,62 aC	2,41 abBC	2,10 abc	2,38 abc	2,74 ab	2,74 ab	4,53 bcdeA
CMM 2916	1,68 aC	1,93 abc	1,95 abc	2,06 abBC	1,64 aC	2,26 abBC	1,95 abc	2,28 abc	1,28 bC	2,75 ab	3,95 deA
CMM 2920	2,25 abc	2,06 abc	2,27 abc	1,29 bC	1,89 abc	2,27 abBC	2,26 abc	2,54 ab	2,20 abBC	2,67 ab	4,60 bcdeA

Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Os isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* e *Trichoderma* spp. foram cultivados por 7 dias em temperatura de 27,5°C com alternância luminosa (12h de luz). <sup>2</sup>A testemunha consistiu em placas com a deposição de um disco contendo micélio do patógeno e, do lado oposto, um disco de meio esterilizado.

Tabela 4. Verificou-se que todos os isolados de *Trichoderma* sp. inibiram o crescimento micelial (ICM) do Foc, destacando-se os isolados LCB 292, LCB 71, LCB 72, LCB 79 e LCB 80. Mesmo atuando contra diferentes isolados, estes antagonistas mantiveram médias elevadas de ICM que não diferiram entre si, ou seja, promoveram a inibição do crescimento micelial de maneira uniforme, mesmo contra diferentes isolados de Foc.

Neste trabalho foram obtidos resultados de ICM variando de 10,0 a 53,16%, que podem parecer reduzidos. Assim como Nashwa, Abo Elyousur e Hassan (2008), ao parearem isolados antagonistas da espécie *T. viride*, *T. harzianum*, *T. polysporum*, *T. pseudikoniguii* e *T. spirale* contra 15 populações de *F. oxysporum* f.sp. *phaseoli*, foi observado um percentual de inibição do crescimento micelial entre 17 e 51,7%. Entretanto, Vaz et al. (2008), ao estudar a eficiência de *T. harzianum*, *T. viride*, *T. virens* e *T. stromaticum* na inibição do crescimento micelial de *Fusarium solani* do maracujazeiro, foram obtidos resultados superiores, da ordem de 56,1 a 92,1% de inibição do crescimento.

A atividade antagonista *in vitro* de espécies de *Trichoderma* contra fitopatógenos de plantas é muito estudada e tem sido verificado que a capacidade de antagonismo pode variar entre as espécies do biocontrolador e entre isolados da mesma espécie. Por exemplo, Dubey, Suresh e Singh (2007) testaram isolados de *T. viride*, *T. harzianum* e *T. virens* contra *F. oxysporum*, com *T. viride* e *T. harzianum* demonstrando maior capacidade de inibir o crescimento fúngico do fitopatógeno.

Na avaliação da esporulação de isolados de Foc foi verificado que todos os isolados de *Trichoderma* inibiram a produção de conídios do fitopatógeno. De maneira similar, Bashar e Rai (1994) descreveram que *T. viride* suprimiu o crescimento de *F. oxysporum* e exibiu grande atividade fungistática contra a germinação de conídios do patógeno.

As curvas de crescimento micelial, taxa de crescimento e inibição do crescimento micelial de Foc, em função das concentrações dos óleos 103 e 109 de *L. sidoides*, ajustaram-se ao modelo não-linear logístico dose-resposta [ $y = a \cdot (1 + (x \cdot b^{-1})^c)^{-1}$ ]. Os coeficientes de determinação para as variáveis analisadas variaram de 99,11 a 99,99 (Figuras 1, 2, 3), indicando que as equações resultantes permitem estimativas do CM, TC e ICM de Foc com elevados níveis de precisão.

Os gráficos de dose-resposta evidenciam que à medida que a dose aumenta o CM dos isolados de Foc reduz significativamente (Figura 1), com destaque para o óleo 109 na interação com o isolado AM J, onde a curva côncava demonstra o potencial inibitório do óleo que, mesmo a uma concentração mínima (0,3  $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ), inibiu o crescimento do fitopatógeno. Assim como em relação à taxa de crescimento de isolados de Foc, os óleos também exibiram resultados satisfatórios (Figura 2), e gráficos mostram que ao administrar doses altas dos óleos essenciais a diminuição da taxa de crescimento dos isolados foi promovida, ressaltando que o óleo 109, mesmo com concentração de 1,2  $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ , promoveu a menor taxa dentre os tratamentos. Novamente, a atividade antifúngica do óleo essencial de *L. sidoides* sobre Foc ficou evidenciada a partir da concentração de 0,9  $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ , que promoveu a inibição do crescimento micelial do patógeno em cerca de 90% (Figura 3). Os óleos 103 e 109 proporcionaram a inibição total da esporulação a partir da concentração de 0,9 ppm (Figura 4). De acordo com os resultados de Matos et al. (2004), a inibição ocasionada pelos óleos essenciais do gênero *Lippia* é devida aos teores elevados de timol (50 a 60%) e carvacrol (5 a 8%) que são responsáveis pela atividade antimicrobiana, agindo na redução da germinação conidial e consequentemente causando a morte do fungo (ARRAS; USAI, 2004; DAFERERA; ZIOGAS; POLISSIOU, 2003; LAMBERT et al., 2001).

**Tabela 4.** Efeito de diferentes isolados de *Trichoderma* spp. sobre a inibição do crescimento micelial (%) de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

Isolados <sup>1</sup>	Isolados de <i>Trichoderma</i> spp. <sup>1</sup>									
	LCB 292	LCB 47 TE	LCB 71	LCB 72	LCB 79	LCB 80	T 15	T 223	Tric 2 E-5	Tric C
AM A	24,99 aA	27,58 abA	30,92 aA	32,76 aA	26,56 aA	28,60 aA	22,48 abA	23,45 abA	24,27 abcA	18,01 abA
AM B	35,73 aA	37,81 abA	35,38 aA	38,56 aA	35,16 aA	34,61 aA	38,62 abA	30,75 abA	37,15 abcA	28,54 abA
AM C	25,53 aA	33,07 abA	32,50 aA	35,77 aA	36,08 aA	25,12 aA	36,58 abA	28,06 abA	36,56 abcA	21,19 abA
AM D	33,27 aA	25,41 abAB	28,19 aAB	33,51 aA	42,16 aA	23,73 aAB	43,27 abA	24,34 abAB	27,68 abcAB	10,00bB
AM E	24,15 aA	18,61 bA	21,95 aA	28,55 aA	30,10 aA	21,77 aA	27,91 abA	15,49 bA	16,13 bcA	20,06 abA
AM F	46,79 aA	40,81 abA	44,30 aA	43,40 aA	46,04 aA	38,43 aA	37,18 abA	34,30 abA	36,72 abcA	29,56 abA
AM I	36,34 aA	26,27 abA	27,66 aA	28,70 aA	34,70 aA	19,55 aA	22,74 abA	27,01 abA	25,28 abcA	22,19 abA
AM J	29,93 aA	31,68 abA	34,40 aA	30,54 aA	33,01 aA	28,81 aA	35,43 abA	33,50 abA	39,92 abcA	25,15 abA
AM L	39,61 aA	36,62 abA	35,49 aA	44,90 aA	35,47 aA	34,13 aA	34,70 abA	33,99 abA	39,49 abcA	25,16 abA
AM M	25,94 aA	24,30 abA	25,55 aA	27,30 aA	29,11 aA	24,85 aA	24,67 bA	20,92 abA	18,27 cA	14,48 abA
AM N	35,97 aA	29,60 abA	32,66 aA	35,97 aA	36,73 aA	25,54 aA	31,33 abA	27,43 abA	30,04 abcA	20,99 abA
AM 50	40,42 aA	46,64 aA	42,91 aA	48,43 aA	48,52 aA	47,33 aA	50,71 aA	44,02 aA	48,30 aA	36,70 aA
CMM 2820	38,68 aA	29,76 abA	34,71 aA	35,57 aA	37,74 aA	31,67 aA	36,64 abA	33,38 abA	31,33 abcA	25,51 abA
CMM 2916	33,37 aA	31,20 abA	33,21 aA	25,45 aA	30,36 aA	30,44 aA	32,93 abA	27,64 abA	43,47 aA	20,56 abA
CMM 2920	29,09 aA	34,49 abA	41,92 aA	53,16 aA	40,35 aA	37,15 aA	38,48 abA	30,15 abA	42,82 abA	30,30 abA

Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Os isolados de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* e *Trichoderma* spp. foram cultivados por 7 dias em temperatura de 27,5°C com alternância luminosa (12h de luz).

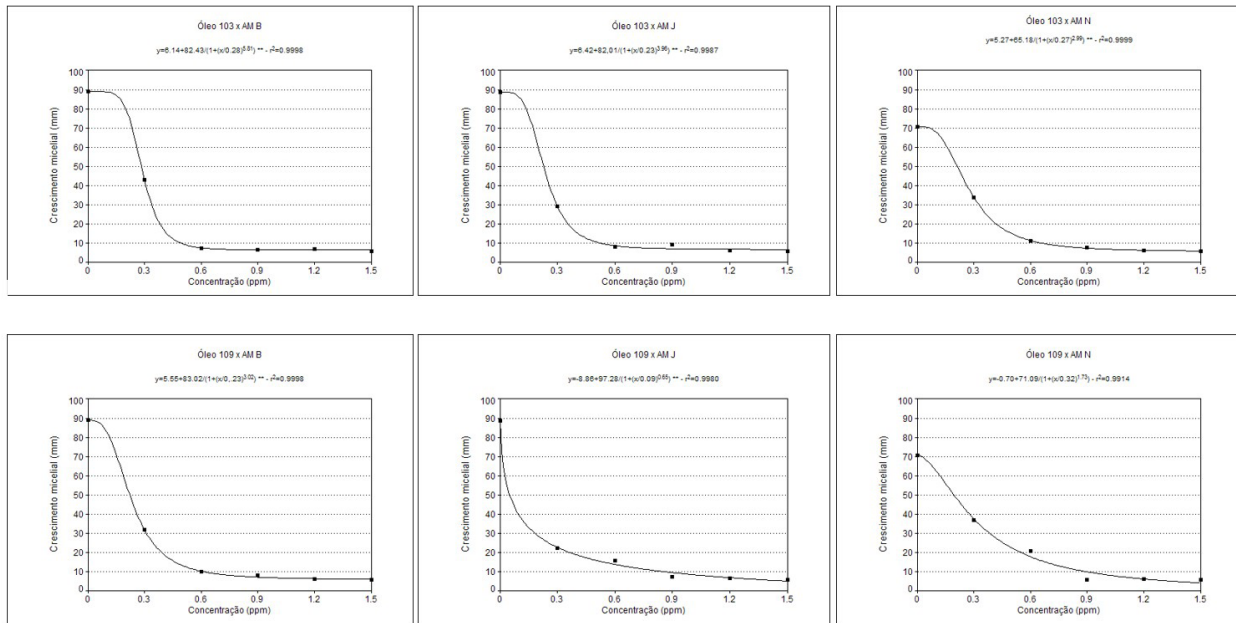


Figura 1. Análise de regressão do efeito da concentração ( $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ) de óleos essenciais de *Lippia sidoides* sobre o crescimento micelial (mm) de isolados de *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*.

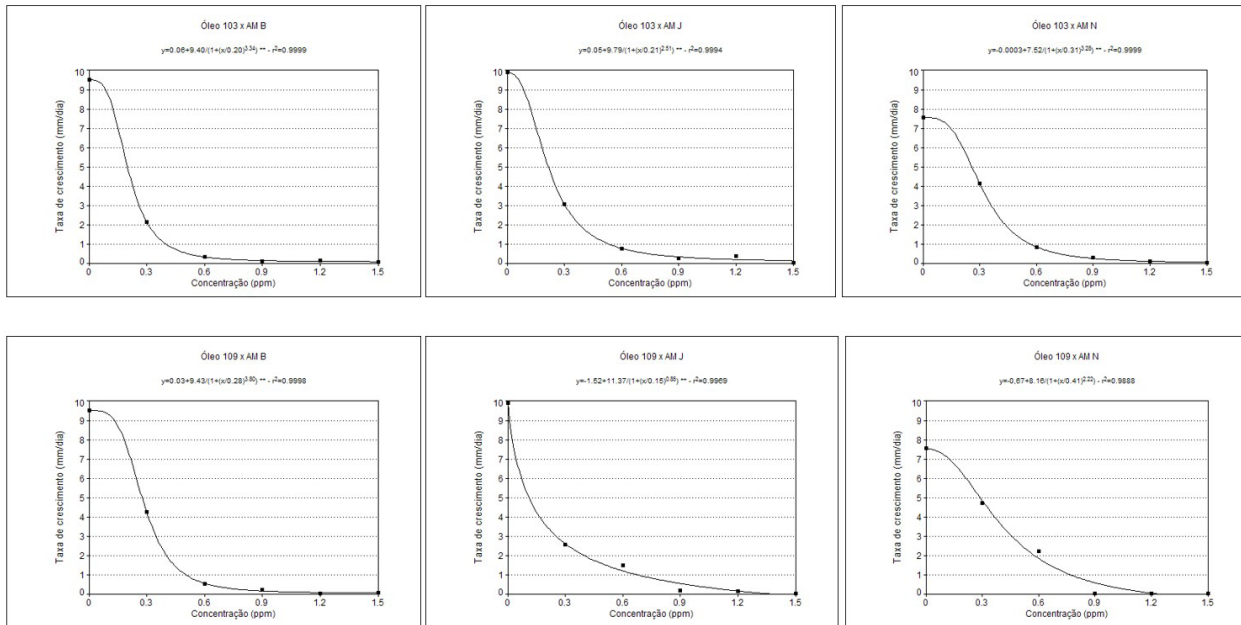


Figura 2. Análise de regressão do efeito da concentração ( $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ) de óleos essenciais de *Lippia sidoides* sobre a taxa de crescimento (mm/dia) de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

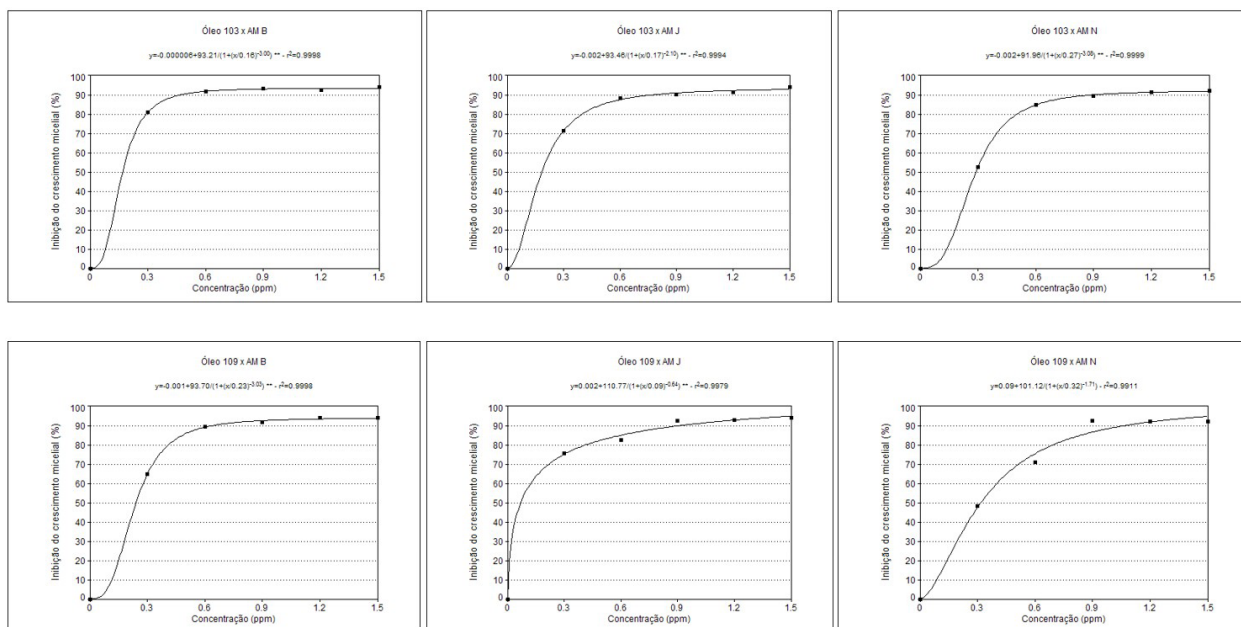
### Efeito de *Trichoderma* e óleos essenciais de *L. sidoides* em mudas de bananeira contra a fusariose

Os óleos essenciais de *L. sidoides* não foram satisfatórios comparados aos testes *in vitro*, visto que tanto o óleo essencial 103 como o óleo 109 apresentaram valores altos de sintomas externos e internos em ambos os isolados de Foc testados (Tabela 5). Em comparação entre os dois óleos, o óleo 109 apresentou médias superiores à testemunha (2,81 e 1,00,

respectivamente) nos sintomas externos tanto para o isolado AM E (3,62) quanto para o isolado AM B (3,37), assim como para os sintomas internos entre a testemunha (5,18 e 1,50, respectivamente) e os isolados AM E (5,68) e AM B (5,00).

A utilização de um isolado de Foc (AM B) que apresentou baixos valores no teste de patogenicidade foi importante, pois evidenciou que o óleo 109 propiciou a elevação dos níveis de doença no hospedeiro. Nesse sentido, os níveis de doença nessa interação (Foc AM B x óleo 109) foram significativamente



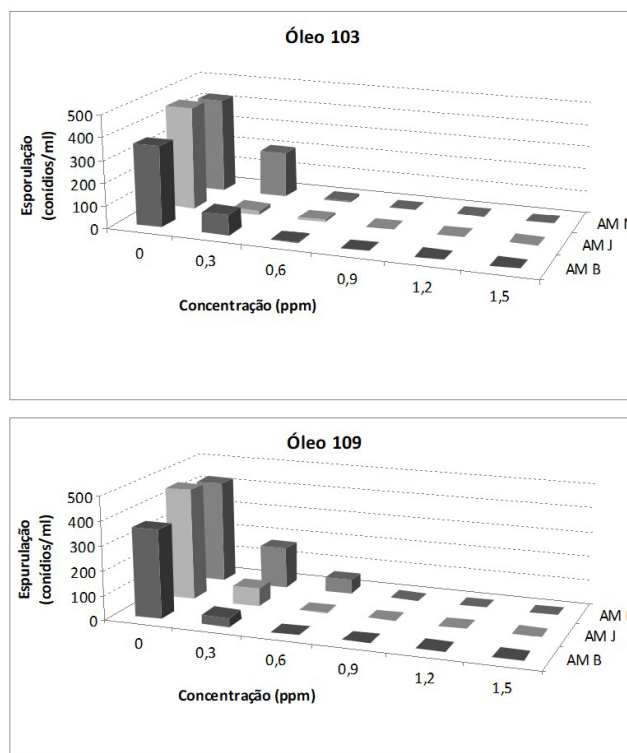


**Figura 3.** Análise de regressão do efeito da concentração ( $\mu\text{L}/\text{mL}^{-1}$ ) de óleos essenciais de *Lippia sidoides* sobre a inibição do crescimento micelial (%) de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

superiores à testemunha, ou seja, ao contrário do que se esperava, o óleo 109 proporcionou uma maior severidade da doença do que na testemunha.

Entre os tratamentos com isolados de *Trichoderma* sp. (LCB 72 e LCB 79), ficou confirmado o bom desempenho na inibição anteriormente observada nos teste *in vitro*, e vale destacar que o isolado LCB 79 diminui significativamente os níveis de sintomas tanto externos (AM E = 1,00, AM B = 0,25) quanto internos (AM E = 3,18, AM B = 1,31), quando comparado com o isolado LCB 72 (AM E = 1,81, AM B = 3,37/AM E = 4,25, AM B = 1,75) e o produto comercial trichodermil (AM E = 1,25, AM B = 0,25/AM E = 3,31, AM B = 1,68). De maneira similar, Alexander e Stewart (2001) compararam um isolado de *T. harzianum* em vasos em casa-de-vegetação para o controle de tombamento de mudas de maçã causadas por *Phytophthora cactorum* com uma mistura dos fungicidas metalaxyl + macozeb, e observaram que o tratamento com *T. harzianum* apresentou um resultado estatisticamente equivalente ao tratamento com os fungicidas.

O isolado de *Trichoderma* sp. LCB 79, mesmo apresentando concentração de conídios inferior no momento da aplicação ao substrato, proporcionou níveis de doença menores do que o produto comercial Trichodermil, que possuía concentração de conídios viáveis muito superior a este isolado. Em termos de densidade de propágulo, Adams (1990) indicou que o *Trichoderma* requer no mínimo  $10^5$  cfu/g<sup>-1</sup> de solo para que consiga efeito no controle de doenças. Atualmente a literatura se refere às espécies de *Trichoderma* como parasitas de uma ampla gama de fitopatógenos, em comparação com a maioria dos agentes utilizados no biocontrole de doenças de plantas que apresentam certo grau de especialização. Por outro lado, o nível de controle pode variar dependendo do isolado e das condições bióticas e abióticas específicas das espécies de



**Figura 4.** Efeito de óleos essenciais de *Lippia sidoides* (103 e 109) sobre a esporulação (conídios/mL<sup>-1</sup>) de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*.

*Trichoderma* (DENNIS; WEBSTER, 1971; WELLS; BELL; JAWORSKI, 1972).

Nos tratamentos combinados utilizando os isolados de *Trichoderma* e os óleos, destacaram-se os tratamentos



**Tabela 5.** Efeito de óleos essenciais de *Lippia sidoides* (103 e 109) e *Trichoderma* spp. (LCB 72 e LCB 79) sobre a atividade patogênica de isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (AM E e AM B) em mudas de bananeira da cv maçã, sob condições de casa-de-vegetação.

Tratamentos <sup>1</sup>	Isolado de <i>Fusarium</i>		Isolado de <i>Fusarium</i>	
	AM E	AM B	AM E	AM B
	-----Sintomas externos <sup>2</sup> -----		-----Sintomas internos <sup>3</sup> -----	
Óleo 103	3,37 aA	0,62 bB	5,25 abA	1,75 cdB
Óleo 109	3,62 aA	3,37 aA	5,68 aA	5,00 aA
LCB 72	1,81 abcA	1,00 bA	4,25 abcdA	1,75 cdB
LCB 72 x Óleo 103	2,06 abcA	0,43 bB	4,62 abcA	1,25 dB
LCB 72 x Óleo 109	1,25 bcdA	1,37 bA	3,93 bcdA	3,75 abA
LCB 79	1,00 cdA	0,25 bA	3,18 cdA	1,31 dB
LCB 79 x Óleo 103	0,25 dA	0,43 bA	3,43 cdA	1,18 dB
LCB 79 x Óleo 109	0,68 cdA	0,43 bA	2,75 dA	2,93 bcA
Trichodermil	1,25 bcdA	0,25 bB	3,31 cdA	1,68 cdB
Testemunha	2,81 abA	1,00 bB	5,18 abA	1,50 cdB

Médias de 4 repetições. Médias seguidas pela mesma letra na vertical e horizontal (entre isolados) não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. <sup>1</sup>Tratamentos foram realizados com os óleos essenciais, com o *Trichoderma* spp. (sozinhos e combinados) e com o produto comercial trichodermil. <sup>2</sup>Sintomas externos observados aos 35 dias após a inoculação do patógeno, avaliados utilizando escala de notas, variando de 0 (planta sem sintoma) a 4 (planta totalmente murcha ou morta). <sup>3</sup>Sintomas internos observados aos 35 dias após a inoculação do patógeno, avaliados utilizando escala de notas, variando de 1 (ausência de descoloração nos rizomas) a 6 (descoloração total do rizoma ou planta morta).

com o isolado LCB 79 e o óleo 103, que em sua maioria apresentaram as menores médias dentre todos os tratamentos, tanto para sintomas internos quanto externos, com exceção da interação com o isolado AM B, considerando os sintomas internos e externos. A produção de chitinases pode ser um dos mecanismos de ação no parasitismo de *Trichoderma* em *F. oxysporum*, como essas enzimas têm por função quebrar os polissacarídeos chitin e B-glucan, que são responsáveis pela rigidez da parede celular fúngica, ocasionam a destruição da parede celular e, conseqüentemente, a morte das células do fitopatógeno (HOWELL, 2003).

No patossistema estudado, o *Trichoderma* pode ser usado como agente biocontrolador e práticas efetivas no manejo da doença podem ser desenvolvidas. *Trichoderma* sp. também promove moléculas úteis como glucose oxidase, que podem aumentar a resistência das plantas aos patógenos pela indução de resistência sistêmica (BRUNNER et al., 2005).

De maneira geral, este estudo demonstrou que os isolados de *Fusarium oxysporum* f.sp. *ubense* utilizados evidenciaram variabilidade na capacidade patogênica em mudas de bananeira cv Maçã. Os isolados de *Trichoderma* inibiram o crescimento e desenvolvimento de *F. oxysporum* f.sp. *ubense*, assim como os óleos essenciais de *Lippia sidoides* também promoveram reduções nas variáveis de crescimento micelial e taxa de crescimento do fitopatógeno. O uso de *Trichoderma* isolado LCB 79 separadamente ou em conjunto com o óleo 103 promoveram os melhores resultados no teste *in vivo*.

## Referências

ADAMS, P. B. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 28, p. 59-72, 1990.

ALEXANDER, B. J. R.; STEWART, A. Glasshouse screening for biological control agents of *Phytophthora cactorum* on apple (*Malus domestica*). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 29, n. 3, p. 159-169, 2001.

ARRAS, G.; USAI, M. Fungitoxic activity of 12 oils against four postharvest citrus pathogens: chemical analysis of *Thymus capitatus* oil and its effect in subatmospheric pressure conditions. **Journal of Food Protection**, New York, v. 7, p. 1025-1029, 2004.

BASHAR, M. A.; RAI, B. Antagonistic potencial of root region micro flora of chickpea against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri*. **Le Journal de Botanique**, Bruxelles, v. 23, p. 13-19, 1994.

BRUNNER, K. et al. Improvement of the fungal biocontrol agent *Trichoderma atroviride* to enhance both antagonism and induction of plant systemic disease resistance. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 71, p. 3959-3965, 2005.

CASTRO, N. R. et al. Occurrence, inoculation methods and aggressivity of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ubense* in *Heliconia* spp. **Summa Phytopathologica**, Jaguariúna, v. 34, p. 127-130, 2008.

CORDEIRO, Z. J. M. Doenças. In: ALVES, E. J. (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1999. p. 353-407.

CORDEIRO, Z. J. M.; MATOS, A. P.; KIMATI, H. Doenças da bananeira (*Musa* spp.). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 99-117.

DAFERERA, D. J.; ZIOGAS, B. N.; POLISSIOU, M. G. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium* sp. and *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, p. 39-44, 2003.

DENNIS, C.; WEBSTER, J. Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma* III. Hyphal interactions. **Transactions of the British Mycological Society**, London, v. 57, p. 363-369, 1971.

DUBEY, S.; SURESH, M.; SINGH, B. Evaluation of *Trichoderma* species against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* for integrated

- management of chickpea wilt. **Biological Control**, San Diego, v. 40, p. 118-127, 2007.
- ELAD, Y.; CHET, I. Improved selective media for isolation of *Trichoderma* spp. or *Fusarium* spp. **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 11, p. 55-58, 1983.
- ETHUR, L. Z. et al. Presença dos gêneros *Trichoderma* e *Fusarium* em solo rizosférico e não rizosférico cultivado com tomateiro e pepineiro, em horta e estufa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 19-26, 2008.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FAOSTAT Statistical Database**. 2022. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 14 fev. 2023.
- FRAVEL, D. Commercialization and implementation of biocontrol. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 43, p. 337-359, 2005.
- GUIMARÃES, L. G. L. et al. Óleo essencial de *Lippia sidoides* nativas de Minas Gerais: composição, estruturas secretoras e atividade antibacteriana. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 267-275, 2014.
- HOWELL, C. R. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the History and evolution of current concepts. **Plant Disease**, St. Paul, v. 87, p. 4-10, 2003.
- LAMBERT, R. J. W. et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v. 91, p. 453-462, 2001.
- MATOS, F. J. A. et al. **Constituintes químicos ativos e propriedades biológicas de plantas medicinais brasileiras**. Fortaleza: UFC, 2004. 445 p.
- MOHAMED, A. A. et al. Early evaluation of banana plants at nursery stage for fusarium wilt tolerance In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE BANANA FUSARIUM WILT DISEASE, 2001, Philippines. **Proceedings...** Los Banos: University of the Philippines Press, 2001, p. 174-185.
- NASHWA, A. S.; ABO ELYOUSUR, K. A.; HASSAN, M. A. Evaluation of *Trichoderma* species as biocontrol agents for damping off and wilt diseases of *Phaseolus vulgaris* L. and efficacy of suggested formula. **Egyptian Journal of Phytopathology**, Cairo, v. 36, p. 81-93, 2008.
- PLOETZ, R. C. *Fusarium* wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. **Phytopathology**, Mineaussota, v. 96, p. 653-656, 2006.
- RODRIGUEZ, M. A. D. et al. **Metodologia para caracterização de genótipos de bananeira quanto à resistência ao mal-do-Panamá em casa-de-vegetação**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2011. (Comunicado Técnico, v. 150)
- SEGARRA, G. et al. *Trichoderma asperellum* strain T34 controls *Fusarium* wilt disease in tomato plants in soilless culture through competition for iron. **Microbial Ecology**, Bethesda, v. 59, p. 141-149, 2010.
- SILVA, G. B. P. et al. Identificação e utilização de *Trichoderma* spp. armazenados e nativos no biocontrole de *Sclerotinia Sclerotiorum*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 4, p. 33-42, 2015.
- SILVA, S. O. E. et al. Avaliação de clones de banana Cavendish. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 832-937, 2006.
- SILVA, S. O. E. et al. Caracterização morfológica e avaliação de cultivares e híbridos de bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 22, n. 2, p. 161-169, 2000.
- SRINIVASAN, U.; STAINES, H. J.; BRUCE, A. Influence of media type on antagonistic modes of *Trichoderma* spp. against wood decay basidiomycetes. **Material and Organismen**, Dakar, v. 27, p. 301-321, 1992.
- VAZ, A. B. et al. Potencial uso de *Trichoderma* spp. para o biocontrole de *Fusarium solani* em maracujazeiro. **Tropical Plant Pathology**, Lavras, v. 33, p. 142, 2008.
- WELLS, H. D.; BELL, D. K.; JAWORSKI, C. A. Efficacy of *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent for *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology**, Mineaussota, v. 62, p. 442-447, 1972.

Recebido: 06 nov. 2020  
Aprovado: 24 mar. 2021