

**Virulência de *Metarhizium rileyi* (Ascomycota:Clavicipitaceae) a
Spodoptera cosmioides (Lepidoptera: Noctuidae)**

**Virulence of *Metarhizium rileyi* (Ascomycota: Clavicipitaceae) to
Spodoptera cosmioides (Lepidoptera: Noctuidae)**

**Virulencia de *Metarhizium rileyi* (Ascomycota: Clavicipitaceae) a
Spodoptera cosmioides (Lepidoptera: Noctuidae)**

Recebido: 25/04/2020 | Revisado: 28/04/2020 | Aceito: 01/05/2020 | Publicado: 03/05/2020

Elisângela de Souza Loureiro

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9708-3775>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: elisangela.loureiro@ufms.br

Antonio Robis de Lima

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5628-8865>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: robisagro@outlook.com

Luis Gustavo Amorim Pessoa

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4646-062X>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: luis.pessoa@ufms.br

Pamella Mingotti Dias

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0963-9455>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: pamellamingotti@hotmail.com

Daimara Viviane Adão

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6289-2268>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

E-mail: daimaraviviane12@gmail.com

Leonardo Ferreira Assis

<http://orcid.org/0000-0002-4051-0967>

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a patogenicidade do isolado UFMS 03 de *Metarhizium rileyi* às lagartas *Spodoptera cosmioides* em condições de laboratório. O ensaio experimental foi composto por delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos. Cada tratamento foi composto por 10 repetições, contendo cinco lagartas de *S. cosmioides*, padronizadas em 3 mm de comprimento. As lagartas de *S. cosmioides* foram colocadas no interior de placas de Petri e pulverizadas com auxílio de Torre de Potter adaptada, a pressão de 15 libras/pol², utilizando 1 mL das concentrações $1,0 \times 10^{10}$, $1,0 \times 10^9$, $1,0 \times 10^8$, $1,0 \times 10^7$ e $1,0 \times 10^6$ conídios mL⁻¹. Após, as placas foram vedadas com filme pvc e colocadas em câmara climatizada a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas. A mortalidade foi verificada 24 horas após a pulverização. As concentrações do isolado UFMS 03 de *M. rileyi* mostraram-se eficientes, com destaque para a concentração $1,0 \times 10^8$ conídios mL⁻¹ apresentando 98% de eficiência, em menor tempo letal (14,11 dias). Esses resultados evidenciam o isolado UFMS 03 de *M. rileyi* como agente de controle de *S. cosmioides*.

Palavras-chave: Controle microbiano; entomopatógeno; *Glycine max*; lagarta das vagens; lagarta desfolhadora da soja.

Abstract

This work aimed to evaluate the pathogenicity of the UFMS 03 strain of *Metarhizium rileyi* to the *Spodoptera cosmioides* caterpillars under laboratory conditions. The experimental trial consisted of a completely randomized design, with six treatments. Each treatment consisted of 10 repetitions, containing five *S. cosmioides* caterpillars, standardized in 3 mm in length. The *S. cosmioides* caterpillars were placed inside Petri dishes and sprayed with the aid of an adapted Potter Tower, at a pressure of 15 pounds / inch, using 1 mL of the concentrations 1.0×10^{10} , 1.0×10^9 , 1.0×10^8 , 1.0×10^7 and 1.0×10^6 conidia mL⁻¹. Afterwards, the plates were sealed with pvc film and placed in an air-conditioned chamber at 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ RH, and a 12-hour photophase. Mortality was verified 24 hours after spraying. The concentrations of the *M. rileyi* strain UFMS 03 proved to be efficient, with emphasis on the concentration 1.0×10^8 conidia mL⁻¹ showing 98% efficiency, in less lethal time (14.11 days). These results show the strain UFMS 03 of *M. rileyi* as a control agent for *S. cosmioides*.

Keywords: Microbial control; entomopathogen; *Glycine max*; pod caterpillar; soybean caterpillar.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la patogenicidad de la cepa UFMS 03 de *Metarhizium rileyi* a las orugas *Spodoptera cosmioides* en condiciones de laboratorio. El ensayo experimental consistió en un diseño completamente al azar, con seis tratamientos. Cada tratamiento consistió en 10 repeticiones, que contenían cinco orugas de *S. cosmioides*, estandarizadas en 3 mm de longitud. Las orugas de *S. cosmioides* se colocaron dentro de placas de Petri y se rociaron con la ayuda de una Torre Potter adaptada, a una presión de 15 libras / pulgada, usando 1 ml de las concentraciones $1,0 \times 10^{10}$, $1,0 \times 10^9$, $1,0 \times 10^8$, $1,0 \times 10^7$ y $1,0 \times 10^6$ conidios mL^{-1} . Posteriormente, las placas se sellaron con película de pvc y se colocaron en una cámara con aire acondicionado a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ HR y una fotofase de 12 horas. La mortalidad se verificó 24 horas después de la pulverización. Las concentraciones de la cepa UFMS 03 de *M. rileyi* demostraron ser eficientes, con énfasis en la concentración de $1,0 \times 10^8$ conidios mL^{-1} que muestra 98% de eficiencia, en menos tiempo letal (14,11 días). Estos resultados muestran la cepa UFMS 03 de *M. rileyi* como agente de control para *S. cosmioides*.

Palabras clave: Control microbiano; entomopatógenos; *Glycine max*; oruga de vaina; oruga de hoja de soja.

1. Introdução

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil, sendo uma das principais cadeias produtivas da estrutura agropecuária brasileira, ofertando grãos, farelos e óleos para o abastecimento do mercado interno e externo (Espindola & Cunha, 2015). Na safra 2019/2020 foram produzidas 125,6 milhões de toneladas, sendo que no estado de Mato Grosso do Sul foram produzidos 9,9 milhões de toneladas (CONAB, 2020). No entanto, problemas fitossanitários como doenças e o ataque de lagartas desfolhadoras, tem reduzido seu potencial produtivo (Lourenção et al., 2010).

Os ataques modificam a arquitetura do dossel, reduzindo a área foliar efetiva, diminuindo a taxa de crescimento e promovendo decréscimo do rendimento de grãos (Gazzoni & Moscardi, 1998). Neste grupo de pragas destacam-se as lagartas pertencentes a família Noctuidae com destaque para a *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera:

Noctuidae) conhecida popularmente por lagarta das vagens (Lourenção et al., 2010). Esta espécie causa prejuízos econômicos nas principais culturas de importância econômica (Boiça Junior et al., 2015), altamente polífaga (Santos et al., 2010) e na cultura da soja a ocorrência vem se tornando generalizada nas últimas safras (Bavaresco et al., 2004, Lima, 2015).

O manejo dessa praga tem sido realizado principalmente com uso de inseticida químico sem registro para a espécie (Boiça Junior et al., 2015), que pode ocasionar a seleção de populações resistentes do inseto, aparecimento de novas pragas ou a ressurgência de outras, o desequilíbrio ambiental e biológico, além de efeitos prejudiciais ao homem e outros animais (Kogan, 1998). Diante dessas implicações, é importante a busca por novos métodos que supram o elevado uso de inseticidas e que causem menos efeitos adversos ao meio ambiente (Bueno et al., 2017).

No entanto, para o sucesso do controle de pragas seguindo os princípios do Manejo Integrado de Pragas (MIP) é importante à adoção de estratégias de controle eficientes e de baixo impacto ambiental (Goulart et al., 2011, Loureiro et al., 2020a). Para amenizar o impacto da utilização exagerada de inseticidas químicos uma das estratégias adotadas no MIP é a utilização de agentes de controle biológico (Lopes et al., 2018, Dias et al., 2019 b).

Dentre os agentes de controle biológico, os fungos entomopatogênicos como *Metarhizium rileyi* (Samson) (Ascomycota: Clavicipitaceae), destaca-se no controle de lepidópteros-praga, sendo relatado na literatura sua ocorrência natural, principalmente sobre lagartas da família Noctuidae (Ignoffo et al., 1975; Costa et al., 2015, Dias et al., 2019a).

Trabalhos vêm sendo realizados com isolados de *M. rileyi* no controle do complexo de lagarta do gênero *Spodoptera*. Nos experimentos conduzidos por Lee et al. (2012) relataram eficiência de *M. rileyi* promovendo mortalidade de 20 a 54% sobre lagartas *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). Experimentos realizados por Chaudhari et al. (2015) testando a eficiência de *M. rileyi* em *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) verificaram 64,44 e 82,22% de mortalidade em diferentes instares. Loureiro et al. (2020b) relataram redução de 100% do número de ovos na geração filial de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) com os isolados UFMS 02 e 03.

Apesar de *S. cosmioides* ter sido constatada em diversas culturas de interesse econômico no Brasil, trabalhos de controle dessa praga com fungos entomopatogênicos são inexistentes. Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o isolado UFMS 03 do fungo entomopatogênico *M. rileyi* em diferentes concentrações quanto a sua patogenicidade à lagarta *S. cosmioides* em condições de laboratório.

2. Metodologia

Para realização desse bioensaio seguiu a metodologia de pesquisa laboratorial de natureza qualitativa e quantitativa proposto por Pereira et al. (2018). O isolado UFMS 03 de *M. rileyi* utilizado neste trabalho, é proveniente da Coleção de Microrganismos Entomopatogênicos do Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPCS).

Inicialmente foi realizado um bioensaio para verificar a eficiência de diferentes isolados do fungo *M. rileyi* após esta seleção realizou-se a multiplicação do isolado UFMS 03 em meio de cultura a base de Sabouraud segundo metodologia descrita por Alves & Lopes (2008). As concentrações fúngicas utilizadas no bioensaio foram $1,0 \times 10^{10}$, $1,0 \times 10^9$, $1,0 \times 10^8$, $1,0 \times 10^7$ e $1,0 \times 10^6$ conídios viáveis mL⁻¹, foram escolhidas com base em um pré-teste.

Para instalação dos bioensaios foram utilizadas lagartas de *S. cosmioides* oriundas da 2ª geração, da criação estabelecida no Laboratório de Entomologia da UFMS/CPCS. Todas as fases de *S. cosmioides* foram mantidas em câmara climática a 25 ± 1 °C, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas. Os adultos foram mantidos em gaiolas de PVC de (100mm x 200mm) revestidas internamente com papel sulfite e a abertura superior fechada com tecido tipo voil preso por elástico e, na extremidade inferior, por placa de isopor revestida por papel toalha. A alimentação fornecida foi uma pasta a base de mel e levedo de cerveja em proporções iguais (V/V) colocada em algodão hidrófilo embebido em recipiente de vidro preso na parte superior, substituída a cada dois dias.

Os ovos obtidos foram destinados aos bioensaios e à manutenção da criação. Lagartas recém-eclodidas com 24 h de idade foram mantidas em potes plásticos cilíndricos com diâmetro de 5 cm e capacidade de 145 mL. Para a manutenção da criação e condução do experimento foi fornecida dieta artificial adaptada de Grenne, Leppla & Dickerson (1976).

O ensaio experimental foi composto por delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, cada tratamento foi composto por 10 repetições, contendo cinco lagartas de *S. cosmioides*, padronizadas em 3 mm de comprimento, colocadas no interior de placas de Petri de 9 cm de diâmetro.

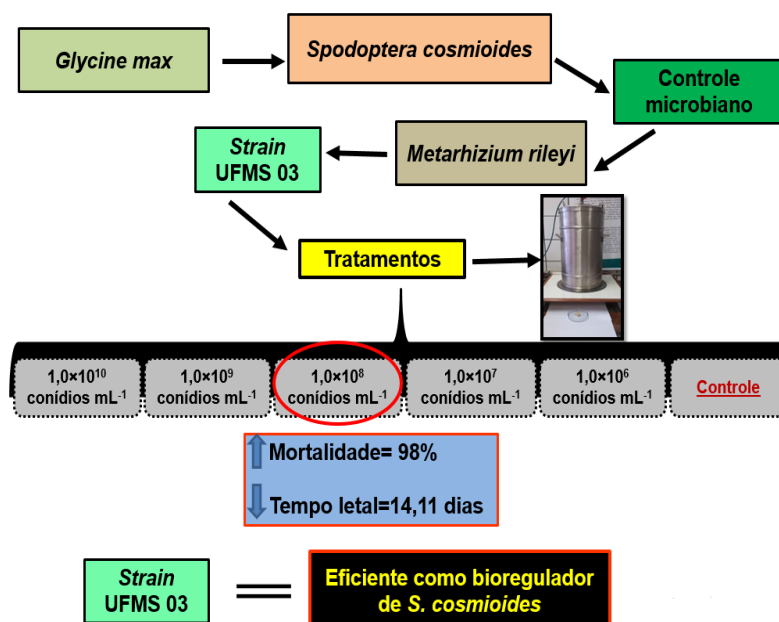
Para o preparo das suspensões fúngicas foram realizadas diluições de (1 grama) de cada isolado em água destilada e esterilizada + 0.01% (v/v) Tween80®, posteriormente foi realizada a contagem dos conídios com auxílio de câmara de Neubauer, com finalidade de padronização das concentrações. Em seguida foi pulverizado 1 mL de suspensão fúngica nas concentrações de ($1,0 \times 10^{10}$, $1,0 \times 10^9$, $1,0 \times 10^8$, $1,0 \times 10^7$ e $1,0 \times 10^6$ conídios viáveis mL⁻¹) e

para o tratamento controle foi realizada apenas aplicação de água destilada esterilizada e 0,01mL de Tween 80[®] sobre as lagartas. A pulverização foi realizada com auxílio de Torre de Potter adaptada, a pressão de 15 libras/pol². Após, as placas foram vedadas com filme PVC e colocadas em câmara climatizada a 25±1 °C, 70±10% umidade relativa (UR) e fotofase de 12 horas.

A mortalidade foi verificada a cada 24 horas após a pulverização, registrando-se diariamente o número de insetos mortos e realizada a reposição da dieta adaptada, Grenne, Leppla & Dickerson (1976), por um período de 22 dias. Os cadáveres, individualmente, foram acondicionados em câmara úmida confeccionadas por placas de Petri contendo algodão umedecido, mantidas em câmara climatizada nas condições climáticas citadas acima.

Para a avaliação da eficiência das concentrações sobre *S. cosmioide*, os resultados obtidos foram corrigidos pela mortalidade no tratamento controle, para obtenção da eficiência de controle, utilizando-se a fórmula de Abbott sendo a eficiência calculada (E%) = T-P/T*100 onde T é a mortalidade na testemunha e P é a mortalidade na parcela tratada (Abbott, 1925). Os dados de mortalidade de lagartas e o tempo letal mediano (TL₅₀) obtido para cada concentração, foram submetidos à análise de regressão linear e polinomial através do programa Sisvar (Ferreira, 2019).

Figura 1. Resumo gráfico da pesquisa.

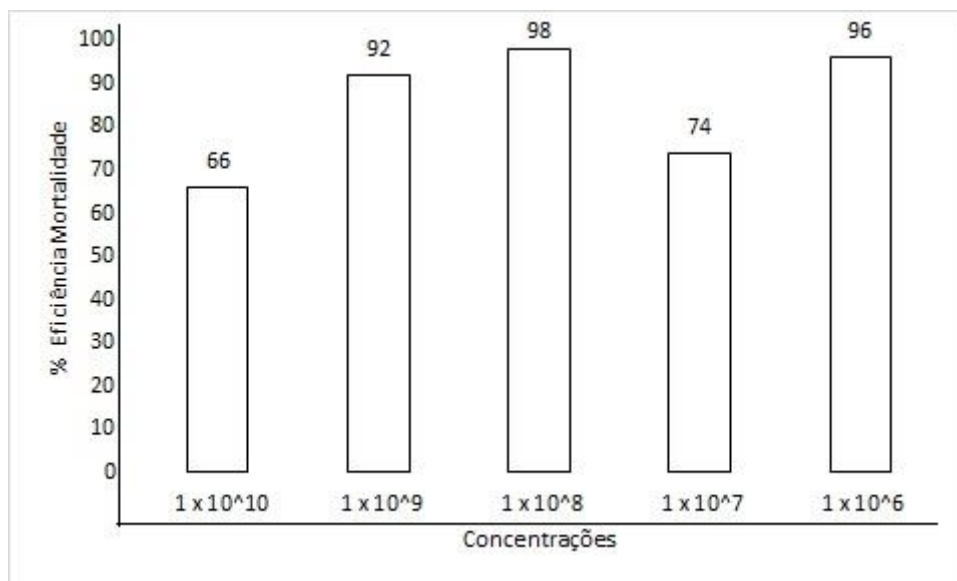


Fonte: Autores.

3. Resultados e Discussão

O fungo *M. rileyi* isolado UFMS 03 foi patogênico às lagartas de *S. cosmioides* com eficiência variando de 66 a 98% de mortalidade obtido pelo teste de eficiência de Abbott (Figura 2). As avaliações iniciaram 24 h após a aplicação do fungo, entretanto o inseto apresentou nos primeiros dez dias pouca suscetibilidade ao fungo testado, visto que as mortalidades foram observadas a partir do décimo quarto dia (Figura 3). O tempo requerido para verificar o efeito da infecção pelo fungo no presente estudo, foi superior aos trabalhos realizados com entomopatógeno. O período entre o contato inicial do patógeno com o inseto e durante o desenvolvimento do processo infectivo até a morte decorre em média 6 a 8 dias (Srisukchayakul, Wiwat & Pantuwatana, 2005).

Figura 2. Mortalidade total (%) das lagartas de *S. cosmioides* decorridos vinte e dois dias após aplicação de *M. rileyi* (isolado UFMS 03), (25 ± 1 °C, fotofase de 12h e $70\pm 10\%$ UR).



Fonte: Autores.

A espécie *S. cosmioides* possui cutícula diferente de outros noctuídeos (Fronza et al., 2013) e nos insetos a epicutícula tem os lipídios como principal componente (Ruiz, 2016). O conídio necessita atravessar a cutícula e invadir a hemocele para que possa atuar no hospedeiro (Alves & 2008). Durante o processo germinativo, a velocidade pela qual a estrutura reprodutiva do fungo consegue penetrar na cutícula do inseto pode ser dependente do isolado, das condições ambientais e da espessura da cutícula do inseto (Vega, 2018). A

presença de compostos de natureza anti-oxidante, pode atuar como uma provável função protetora, como a vitamina E, presente em grande quantidade na cutícula larval de *S. cosmioides* (Fronza et al., 2013).

Observou-se através da Figura 2 que os maiores percentuais de mortalidade (98%) foram obtidos com a concentração de $1,0 \times 10^8$ conídios mL^{-1} , este fato indicou uma característica interessante, uma vez que quanto menor a necessidade de propágulos infectivos do patógeno aderidos ao corpo do inseto para que ocorra o desenvolvimento da doença, maior é a virulência de um isolados. Quando se estuda bioensaios de patogenicidade com diferentes concentrações espera-se que a maior concentração seja a que possa causar maior mortalidade em menor tempo possível. Nas condições deste experimento verificou-se que a maior concentração de inóculo ($1,0 \times 10^{10}$ conídios mL^{-1}) foi a que causou a menor percentagem de mortalidade (66%).

Quando se utiliza um elevado potencial de inóculo, os resultados podem ser inesperados, pois um grande número de conídios de fungo sobre o tegumento do inseto pode ter influência negativa na germinação dos mesmos ou ainda, favorecer a penetração de bactérias contaminantes, gerando septicemia e resultando na morte rápida do inseto (Alves & Lecuona, 1998).

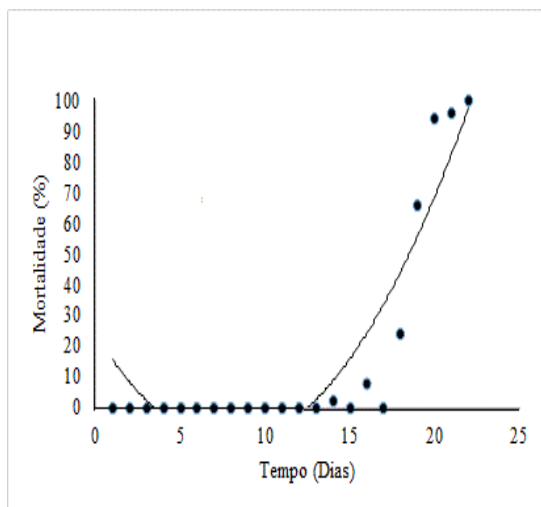
Testando a eficiência de diferentes isolados de *M. rileyi* em *S. litura* Chaudhari et al. (2015) obtiveram 82,22 e 64,44% de mortalidade em lagartas de segundo e terceiro instares, respectivamente, na concentração de $1,0 \times 10^9$ conídios mL^{-1} , valores dentro do intervalo observado no presente trabalho, porém inferiores ao melhor resultado (98%) com menor concentração de conídios ($1,0 \times 10^8$) próximos obtidos no presente trabalho. O entomopatógeno mostrou potencial como agente de controle biológico de lagartas de *S. cosmioides*, por causar mortalidade acima de 66% em todas as concentrações testadas. Entretanto, Dias (2019) conclui que o *M. rileyi* (isolado UFMS 03) nas concentrações (1×10^7 , 1×10^8 e 1×10^9 con mL^{-1}) não foram virulentos aos estágios larvais (L1, L2, L3, L4 e L5) de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae).

As lagartas de *S. cosmioides* tratadas com *M. rileyi* tiveram comportamento semelhante nos primeiros dias de avaliação até o décimo terceiro dia. A partir do décimo quarto dia, verificou-se que as lagartas infectadas se tornaram mais lentas, até não apresentarem mobilidade, o que caracterizou o processo de infecção (Figura 3), visto que se realizou apenas uma aplicação do fungo. Alves & Lopes (2008) em seus estudos com fungos entomopatogênicos verificaram que os agentes microbianos necessitam de maior tempo de

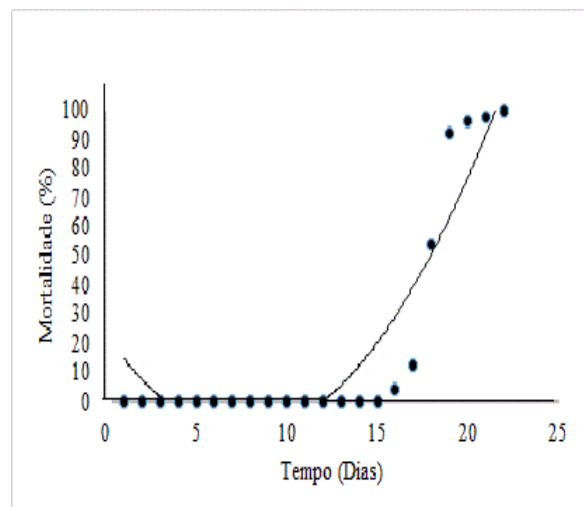
exposição e desenvolvimento para causarem mortalidade, e em alguns casos torna-se difícil atribuir a causa de morte.

As mortalidades confirmadas para as diferentes concentrações do isolado UFMS 03 apresentaram correlação polinomial positiva com a concentração de conídios viáveis (Figura 3). A diferença na origem do isolados e do hospedeiro que foi infectado resulta em diferentes valores de patogenicidade (Suwannakut, Boucias & Wiwat, 2005).

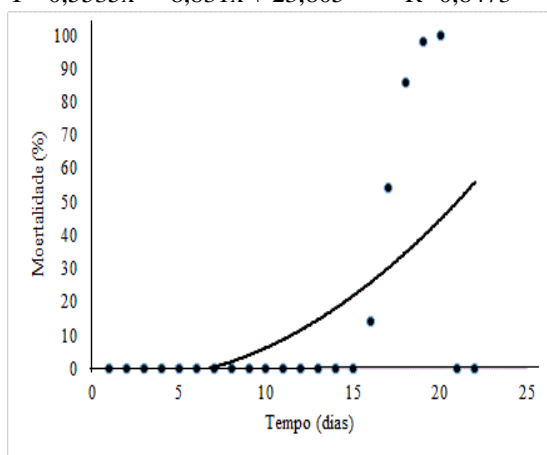
Figura 3. Mortalidade diária acumulada (%) de *Spodoptera cosmioides* após pulverização de *Metarhizium rileyi* isolado UFMS 03 submetidas às diferentes concentrações.



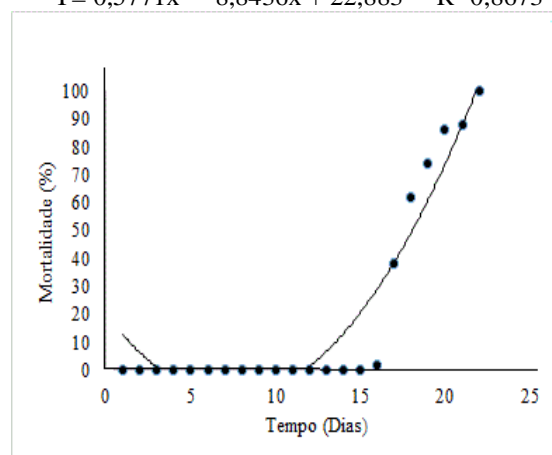
Concentração de $1,0 \times 10^{10} \text{ mL}^{-1}$ conídios viáveis
 $Y = 0,5535x^2 - 8,831x + 23,805$ $R^2 0,8473$



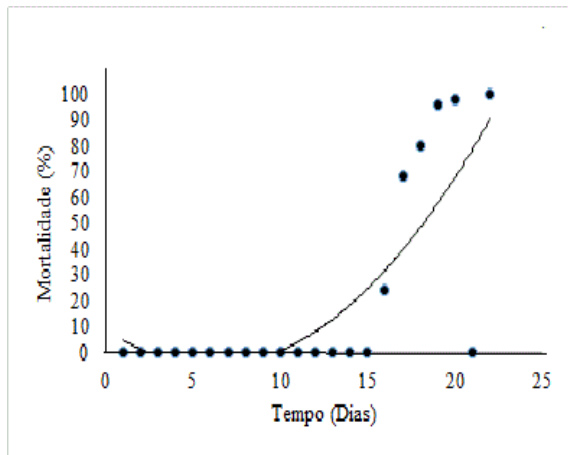
Concentração de $1,0 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ conídios viáveis
 $Y = 0,5771x^2 - 8,8436x + 22,883$ $R^2 0,8673$



Concentração de $1,0 \times 10^8 \text{ mL}^{-1}$ conídios viáveis
 $Y = 0,1454x^2 - 0,5164x - 3,1429$ $R^2 0,3137$



Concentração de $1,0 \times 10^7 \text{ mL}^{-1}$ conídios viáveis
 $Y = 0,5308x^2 - 7,9243x + 20,026$ $R^2 0,9074$



Concentração de $1,0 \times 10^6 \text{ mL}^{-1}$ conídios viáveis
 $Y = 0,3766x^2 - 4,5912x + 9,03$ $R^2 = 0,612$
Fonte: Autores.

Por meio da Figura 3 observou-se que o melhor ajuste polinomial ($R^2 = 0,90$) com os dados de mortalidade diária foi na concentração de $1,0 \times 10^7$ conídios mL^{-1} , mostrando nas condições deste experimento que a maior concentração deste fungo pode interferir a ação dele. Segundo pesquisadores, o desempenho do fungo *M. rileyi* testado em *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) melhorou em concentração mais elevada (10^8 conídios mL^{-1}) em comparação as concentrações mais baixas (10^7 , 10^5 , 10^3 e 10^2 conídios mL^{-1}) (Gundannavar, Lingappa & Giraddi, 2008).

Observando o tempo letal mediano (TL_{50}) verificou-se que a concentração $1,0 \times 10^8$ conídios mL^{-1} foi de 14,11 dias, apresentando o menor período. De maneira geral, os tempos letais aumentaram à medida que as concentrações aumentaram. Levando em consideração a espécie de lagarta e suas características cuticulares e as diferentes concentrações uma hipótese pode explicar essa situação: o fungo possibilita a entrada de outros organismos pelos orifícios que está presente na cutícula o qual pode ser porta de entrada de contaminação na hemolinfa destes insetos. Fronza et al. (2013) relataram que a patogenicidade de *M. rileyi* a importantes lepidópteros praga e a mortalidade acumulada de larvas aumenta com o acréscimo no tempo de exposição e a concentração.

Manjula & Murthy (2005) concluíram que a mortalidade de *S. litura* aumentou com o aumento de concentração de esporos de *M. rileyi*, apesar da concentração de 1×10^7 conídios mL^{-1} tem sido a mais eficaz quando comparada a concentrações mais elevadas (1×10^8 e 1×10^9 conídios mL^{-1}) em diferentes instares. Estudo recente com linhagens de *M. rileyi*, isolado Nr-Kc com concentração de $1,6 \times 10^6$ conídios mL^{-1} proporcionou menor tempo letal (TL_{50}) no

segundo instar (143,89 h) do que para o terceiro instar (178,43 h) para lagartas de *S. litura* (Chaudahari et al., 2015).

Os estudos de virulência realizados em bioensaios de laboratório, testando diferentes concentrações, de um determinado isolado para uma espécie de inseto-praga, visa simular a ação do fungo no ambiente natural em perfeitas condições climáticas ao seu desenvolvimento. Outra hipótese que deve ser levantada é que quando maior a manipulação dos insetos em bioensaios, maior será o risco de uma possível contaminação externa.

A virulência está relacionada com a habilidade de um fungo entomopatogênico degradar hidrocarbonetos cuticulares do inseto hospedeiro (Safavi et al., 2017). Nas condições deste experimento verificou-se que o fungo *M. rileyi* apresentou maior tempo letal mediano para matar as primeiras lagartas de *S. cosmioides* nas concentrações utilizadas quando comparado aos trabalhos da literatura. As proteínas são componentes estruturais predominantes da cutícula de 60% de insetos e as proteases liberadas durante as primeiras fases de invasão do entomopatógeno estão envolvidas na penetração da cutícula, um importante fator de virulência (St. Leger & Wang, 2010.). Possivelmente esta espécie possui em sua cutícula elementos que auxiliam o seu sistema de defesa, dificultando a penetração dos conídios. A proteção que os lipídios cuticulares conferem aos insetos contra micro-organismos pode ser tanto de origem física, como um obstáculo evitando a invasão fúngica, como química, aumentando a resistência da cutícula (Bianco & Perrota, 2015).

Este estudo evidencia que o fungo entomopatogênico *M. rileyi* é um agente de controle de *S. cosmioides*. Portanto, vale ressaltar que estudos de patogenicidade com isolados de *M. rileyi* remetem apenas às condições de laboratório, ainda esses resultados são escassos em relação às condições de campo.

4. Considerações Finais

O fungo entomopatogênico *M. rileyi* isolado UFMS 03 é virulento às lagartas de *S. cosmioides* apresentando 98% de eficiência.

Novos estudos utilizando diferentes isolados e avaliações em campo são necessários para melhor elucidar o potencial deste agente, aumentando a eficiência de controle em menor tempo, para ser inserido no manejo integrado desta espécie-praga.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001, e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Código de Financiamento 001; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), pelos recursos para publicar este manuscrito; Aos membros do grupo de pesquisa LAMIP.

Referências

- Abbott, W. S. A. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Alves, S. B. & Lecuona, R. E. (1998). *Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos*. In: Alves, S. B. *Controle microbiano de insetos*, Piracicaba: FEALQ.
- Alves, S. B. & Lopes, R. B. (2008). *Microbial Control of Pests in Latin America*. Piracicaba: FEALQ.
- Bavaresco, A., Garcia, M. S., Grutzmacher, A. D., Ringenberg, R. & Foresti, J. (2004). Adequação de uma dieta artificial para criação de *Spodoptera cosmioides* (Walk.) (Lepidoptera: Noctuidae) em laboratório. *Neotropical Entomology*, 33, 155-161.
- Bianco, L. & Perrota, G. (2015). Methodologies and perspectives of proteomics applied to filamentous fungi: from sample preparation to secretoma analysis. *International Journal of Molecular Sciences*, 16, 5803-5820.
- Boiça Júnior, A. L., Bottega, D. B., Souza, B. H. S., Rodrigues, N. E. L. & Michelin, V. (2015). Determinação dos tipos de resistência a *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) em genótipos de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, 36, 607-618.

Bueno, A. F., Carvalho, G. A., Santos, A. C., Sosa-Gómez, D. R., Silva, D. M. D. (2017). Pesticide selectivity to natural enemies: Challenges and constraints for research and field recommendation. *Ciência Rural*, 47, 1-10.

Chaudhari, C. S., Chandele, A. G., Pokharkar, D. S., Dethé, M. D. & Firake, D. M. (2015). Pathogenicity of Different Isolates of Entomopathogenic Fungus, *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson Against Tobacco Caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius). *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 2, 1-7.

CONAB. (2020). *Acompanhamento da safra Brasileira. Grãos. Boletim grãos. v. 7 - safra 2019/20 - n. 6 - Sexto levantamento. Acesso em 20 março, em <http://www.conab.gov.br>>.*

Costa, V. H. D., Soares, A. M. F., Rodriguez, A. D., Zanuncio, J. C., Silva, V. & Valicente, F. H. (2015). *Nomuraea rileyi* (Hypocreales: Clavicipitaceae) in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Brazil. *Florida Entomologist*, 2, 796-798.

Dias, P. M. (2019). 90p. Estudos das interações de *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) ao predador *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) e fungos entomopatogênicos. 90p. Tese (Doutorado - Curso de Pós Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade. Dourados: UFGD, 2019. Disponível em: <<https://ppgecb.ufgd.edu.br>>. Acesso em 20 de abril de 2020.

Dias, P. M., Loureiro, E. S., Pessoa, L. G. A., Mateus, M. P. B., Tosta, R. A. De S., Oliveira Neto, F. M. & Devoz, G. L. R. (2019a). Epizootia de *Metarhizium rileyi* em *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) em cultivo de soja. 71^a Reunião Anual da SBPC. 2019. UFMS Campo Grande / MS. **Anais...** Campo Grande, MS.

Dias, P. M., Loureiro, E. S. L., Pessoa, L. G. A., Oliveira Neto, F. M., Tosta, R. A. S. & Teodoro, P. E. (2019b). Interactions between Fungal-Infected *Helicoverpa armigera* and the Predator *Chrysoperla externa*. *Insects*, 10(309), 1-11.

Espindola, C. J. & Cunha, R. C. (2015). A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. *Geotextos*, 11, 217-238.

Ferreira, D. F. (2019). Sisvar: A Computer Analysis System To Fixed Effects Split Plot Type Designs. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535.

Fronza, E., Miguez, I., Specht, A., Barros, N. M. & Heinzen, H. (2013). Identification Of A-Tocopherol And A-Tocopheryl acetate from the cuticle of soybean pods armyworm (*Spodoptera cosmioides*). *Natural Product Research*, 27, 1808-1811.

Gazzoni, D. L. & Moscardi, F. (1998). Effect of defoliation levels on recovery of leaf area, on yield and agronomic traits of soybeans. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 33(4), 411-424.

Goulart, M. M. P., Bueno, A. F., Bueno, R. C. O. F. & Dinizet, A. F. (2011). Host preference of the egg parasitoids *Telenomus remus* and *Thichogramma pretiosum* in laboratory. *Revista Brasileira de Entomologia*, 55(1), 129-133.

Greene, G. L., Leppla, N. C. & Dickerson, W. A. (1976). Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. *Journal of Economic Entomology*, 69, 487-488.

Gundannavar, K. P., Lingappa, S. & Giraddi, R. S. (2005). Dose mortality response between *Helicoverpa armigera* (Hubner) and mycopesticide *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson. *Karnataka Journal of Agricultural Science*, 18(1), 141-143.

Gundannavar, K. P., Lingappa, S. & Giraddi, R. S. (2008). Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Hubner) to *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson. *Journal of Entomological Research*, 32(1), 11-13.

Ignoffo, C. M., Puttler, B., Marston, N. L., Hostetter, D. L. & Dickerson, W. A. (1975). Seasonal incidence of the entomopathogenic fungus *Spicaria rileyi* associated with noctuid pests of soybeans. *Journal of Invertebrate Pathology*, 25, 135-137.

Kogan, M. (1998). Integrate pest management historical, perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243-270.

Lee, W. W., Shin, T. Y., Ko, S. H., Choi, J. B., Bae, S. M. & Woo, S. D. (2012). Characteristics and Virulence Assay of Entomopathogenic Fungus *Nomuraea rileyi* for the

Microbial Control of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *Korean Journal of Microbiology*, 48, 284-292.

Lima, A. R. (2015). 70p. Bioprospecção do fungo *Nomuraea rileyi* sobre *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). 70p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Agronomia. Chapadão do Sul: UFMS, 2015. Disponível em:<<https://ppgagronomiacpcs.ufms.br/>>. Acesso em 19 de abr de 2020.

Lima, A. R., Loureiro, E. S. L., Muchalak, F., Taira, T. L., Ferreira, F. N. & Nocchi, M. J. (2015). Ocorrência de *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson na *Spodoptera cosmioides* (Walk.) 1858 (Lepidoptera: Noctuidae) em Chapadão do Sul-MS. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, 9, 57-59.

Lopes, R. B., Souza, D. A., Rocha, L. F. N., Montalva, C., Luz, C., Humber, R. A. & Faria, M. (2018). *Metarhizium alvesii* sp. nov.: a new member of the *Metarhizium anisopliae* species complex. *Journal of Invertebrate Pathology*, 151, 165-168.

Loureiro, E. S., Dias Neto, J. A., Pessoa, L. G. A., Dias, P. M., Adão, D. V. & Yokota, L. A. (2020a). Effect of plant protection chemicals about the fungi *Trichoderma harzianum* and *Purpureocillium lilacinum*. *Research, Society and Development*, 9(6), e141963506.

Loureiro, E. S.; Tosta, R. A. S.; Dias, P. M.; Pessoa, L. G. A.; Oliveira Neto, F. M.; Devoz, G. L. R. & Muchalak, F. (2020b). Performance of *Metarhizium rileyi* applied on *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de Agricultura Neotropical*, 7(1), 60-65.

Lourenção, A. L., Reco, P. C., Braga, N. R., Valle, G. E. & Pinheiro, J.B. (2010). Produtividade de genótipos de soja sob infestação da lagarta da soja e de percevejos. *Neotropical Entomology*, 39, 275-281.

Manjula, K. & Murthy, K. V. M. K. (2005). Efficacy of *Nomuraea rileyi* against different instars of *Spodoptera litura* and *Helicoverpa armigera*. *Annals of Plant Protection Sciences*, 13(2), 347-350.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J. & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Acesso em: 18 Abr 2020. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.

Ruiz, A. C. (2016). 38 p. Virulência de *Nomuraea rileyi* à *Spodoptera frugiperda* e perfil protéico do secretoma em presença da cutícula do inseto. 38 p. Dissertação (Mestrado Profissional) - Curso de Pós Graduação em Biotecnologia e Gestão Vitivinícola. Caxias do Sul: UCS, 2016.

Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/handle/11338/1811/>. Acesso em 19 de abr de 2020.

Safavi, S. A., Shah, F. A., Pakdel, A. K., Rasouljan, G. R., Bandani, A. R., Butt, T. M. (2017). Effect of nutrition on growth and virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *FEMS Microbiology Letters*, 270, 116–123.

Santos, K. B., Meneguim, A. M., Santos, W. J., Neves, P. M. O. J. & Santos, R. B. (2010). Characterization of the damage of *Spodoptera eridania* (Cramer) and *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) to structures of cotton plants. *Neotropical Entomology*, 39, 626-631.

Srisukchayakul, P., Wiwat, C. & Pantuwatana, S. (2005). Studies on the pathogenesis of the local isolates of *Nomuraea rileyi* against *Spodoptera litura*. *Science Asia*, 31, 273-276.

St. Leger, R. J. & Wang, C. (2010). Genetic engineering of fungal biocontrol agents to achieve efficacy against insect pests. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 85, 901-907.

Suwannakut, S., Boucias, D. G. & Wiwat, C. (2005). Genotypic analysis of *Nomuraea rileyi* collected from various noctuid hosts. *Journal of Invertebrate Pathology*, 90, 169-176.

Vega, F. E. (2018). The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: a review. *Mycologia*, 110, 4-30.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Elisângela de Souza Loureiro – 30%

Antonio Robis de Lima – 30%

Luis Gustavo Amorim Pessoa – 20%

Pamella Mingotti Dias – 10%

Daimara Viviane Adão – 5%

Leonardo Ferreira Assis – 5%