

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
(Organizador)

EDUCAÇÃO EM
SOLOS
E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora
Ano 2021

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO
(Organizador)

EDUCAÇÃO EM
SOLOS
E MEIO AMBIENTE

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Educação em solos e meio ambiente

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Amanda Costa da Kelly Veiga
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Júlio César Ribeiro

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E24 Educação em solos e meio ambiente / Organizador Júlio César Ribeiro. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-5983-538-6
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.386212909>

1. Educação ambiental. 2. Solos. 3. Meio ambiente. I. Ribeiro, Júlio César (Organizador). II. Título.
CDD 363.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura), o solo pode ser compreendido como um recurso natural complexo e heterogêneo, essencial a manutenção do ecossistema terrestre.

A interferência antrópica por meio de práticas de uso e manejo inadequadas tem potencializado a degradação do solo, levando ao longo dos anos a perda de sua capacidade produtiva. Com isso, atributos químicos, físicos e biológicos são afetados, ocasionando o desequilíbrio do sistema.

Desta forma, é importante que ações que busquem a conservação do solo sejam tomadas, de modo a promover a conscientização ambiental através da percepção do solo como um componente essencial ao equilíbrio do sistema produtivo.

Neste contexto, o livro “Educação em Solos e Meio Ambiente” é uma obra que abarca estudos acerca da sustentabilidade dos solos e conservação ambiental, sendo tratados assuntos desde a caracterização e fertilidade dos solos, até o uso de resíduos agropecuários em sistemas agrícolas.

O organizador e a Atena Editora agradecem aos autores por compartilharem suas pesquisas por meio do presente E-book, contribuindo para a construção do conhecimento sobre a sustentabilidade dos solos e conservação ambiental.

Uma excelente leitura!

Júlio César Ribeiro

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

CARACTERIZAÇÃO DE PLANOSSOLOS NÁTRICOS EM UM GRADIENTE PLUVIOMÉTRICO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Sebastiana Maely Saraiva
Vânia da Silva Fraga
José Coelho de Araújo Filho
Roseilton Fernandes dos Santos
Evaldo dos Santos Felix
Milton Cesar Campos
Bruno de Souza Dias
Kalline Almeida Alves Carneiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129091>

CAPÍTULO 2..... 14

SATURAÇÃO POR BASES NA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA COM CULTIVO DE MILHO NOS DOIS PRIMEIROS ANOS

Arismar Ribeiro Brito
Henildo de Sousa Pereira
Elizeu Luiz Brachtvogel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129092>

CAPÍTULO 3..... 28

AVALIAÇÃO DO N VOLATIZADO E SOLO ADUBADO COM CAMA DE FRANGO E INIBIDOR DE UREASE

Eduardo Peixoto Silva
Joiran Luiz Magalhães
Roberto Gomes Vital

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129093>

CAPÍTULO 4..... 41

INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE LUMINOSA NO CRESCIMENTO DE PLANTAS DE GIRASSOL, MILHO, SOJA E SORGO

Fábio Santos Matos
Larissa Pacheco Borges
Bruno Teixeira Guimarães
Flavielli Porto da Silva
Brunno Nunes Furtado
Nathália Carvalho Cardoso

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129094>

CAPÍTULO 5..... 48

POTENCIAL DE *POCHONIA* SPP. PARA PRODUÇÃO DE INOCULANTES

Flávia Luane Gomes
Aloísio Freitas Chagas Junior
Manuella Costa Sousa

Albert Lennon Lima Martins
Kellen Ângela O. de Sousa
Celso Afonso Lima
Gabriel Soares Nobrega
Lillian França Borges Chagas
Gessiel Newton Scheidt
Marcos Giongo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3862129095>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	62
ÍNDICE REMISSIVO.....	63

CAPÍTULO 5

POTENCIAL DE *POCHONIA* SPP. PARA PRODUÇÃO DE INOCULANTES

Data de aceite: 21/09/2021

Data de submissão: 03/08/2021

Flávia Luane Gomes

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/6868051909051202>

Aloísio Freitas Chagas Junior

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/9286795171322846>

Manuella Costa Sousa

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/0256046793020150>

Albert Lennon Lima Martins

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/6846570980484580>

Kellen Ângela O. de Sousa

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/5604850625107241>

Celso Afonso Lima

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/0782819751659217>

Gabriel Soares Nobrega

Universidade Federal do Tocantins UFT,
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/0870938234878939>

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6412767227344500>

Gessiel Newton Scheidt

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/6662648331555347>

Marcos Giongo

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO.
<http://lattes.cnpq.br/5712134838373036>

RESUMO: A agricultura é um setor econômico que influencia de forma significativa o desenvolvimento de um país e uma prática produtiva indispensável para a produção de alimentos. O estudo de alternativas que otimizem a agricultura de forma sustentável é essencial. Os inoculantes agrícolas são produtos contendo microrganismos benéficos para as plantas. O fungo *Pochonia* spp. possui potencial para o desenvolvimento de inoculante, visto que é um parasita de ovos e fêmeas de espécies de fitonematoides, sendo, portanto, muito utilizado para o controle biológico de fitonematoides dos gêneros *Heterodera* e *Meloidogyne*. Diversos mecanismos de interação entre *Pochonia* e fitonematoides já foram elucidados. Outra aplicação que recentemente vem sendo muito estudada é a utilização de *Pochonia* para promoção de crescimento vegetal, que já foi relatada em culturas como a soja e alface. Para a produção industrial de um inoculante a base de

Pochonia, a formulação de um meio de cultura viável é um dos maiores desafios, sendo necessário um estudo detalhado sobre nutrição microbiana. Este artigo de revisão descreve a taxonomia de *Pochonia*, suas aplicações na agricultura e explora uma perspectiva de formulação de um meio de cultura alternativo que atenda às exigências nutricionais do fungo. **PALAVRAS-CHAVE:** Biocontrole, fermentação, crescimento vegetal, fitonematoides, agricultura.

POTENTIAL OF *POCHONIA* SPP. FOR THE PRODUCTION OF INOCULANTS

ABSTRACT: Agriculture is an economic sector that significantly influences a country's development and an indispensable productive practice for food production. The study of alternatives that optimize agriculture in a sustainable way is essential. Agricultural inoculants are products containing beneficial microorganisms for plants. The fungus *Pochonia* spp. it has the potential for the development of inoculants, since it is a parasite of eggs and females of species of phytonematodes, being, therefore, widely used for the biological control of phytonematodes of the genera *Heterodera* and *Meloidogyne*. Several mechanisms of interaction between *Pochonia* and phytonematoids have been elucidated. Another application that has recently been widely studied is the use of *Pochonia* to promote plant growth, which has already been reported in crops such as soy and lettuce. For the industrial production of an inoculum based on *Pochonia*, the formulation of a viable culture medium is one of the greatest challenges, requiring a detailed study on microbial nutrition. This review article describes the taxonomy of *Pochonia*, its applications in agriculture and explores a perspective of formulating an alternative culture medium that meets the nutritional requirements of the fungus.

KEYWORDS: Biocontrol, fermentation, plant growth, phytonematoids, agriculture.

1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado o país com maior potencial agrícola no mundo (BUONAFINA, 2017). Diante da importância da agricultura no país, vários produtores fazem uso de produtos químicos devido à deficiência nutricional do solo de algumas regiões e doenças causadas por patógenos, porém estas práticas podem ser prejudiciais ao meio ambiente, fazendo-se necessário buscar por alternativas sustentáveis (TEIXEIRA et al., 2011).

A utilização de microrganismos benéficos em grandes commodities agrícolas vem ganhando espaço no Brasil. Com a intensificação dos problemas encontrados no campo e de quebra de resistência de produtos químicos, o uso de microrganismos na agricultura está apresentando bons resultados e está tornando-se alvo de grandes empresas que atuam com microrganismos para o controle biológico e promotores de crescimento vegetal (SILVA et al., 2020).

Os inoculantes são substâncias que contém microrganismos viáveis que favorecem o desenvolvimento vegetal, a maioria são constituídos por bactérias que realizam a fixação biológica de nitrogênio (VIVANCO-CALIXTO et al., 2016).

A influência de microrganismos sobre o desenvolvimento das plantas é ampla, incluindo os efeitos benéficos na germinação de sementes, emergência de plântulas,

crescimento e produtividade de grãos, como observado com o fungo *Pochonia chlamydosporia* como promotor de crescimento vegetal e biocontrole (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2015; HIDALGO-DÍAZ et al., 2017; SILVA et al., 2017).

O fungo *Pochonia* spp. Zare & Gams (sin. *Verticillium chlamydosporium*) é um parasita facultativo de ovos e fêmeas dos nematoides formadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) e de cistos (*Heterodera* spp.) amplamente distribuído em todo o mundo e um dos fungos mais estudados para controle de nematoide em diversas culturas (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2011; DIAS et al., 2016; SILVA et al., 2017; BOMTEMPO et al., 2017). Além de promover o controle dos fitonematoides foi observado estímulos nas características agrônômicas como aumento de massa de fruto além de maximizar o rendimento da cultura de tomateiro mostrando o potencial do fungo em promover o crescimento vegetativo e melhorando as características de interesse agrícola (CASTILLO et al., 2015), podendo ser utilizado na formulação de inoculantes (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2015, HERNÁNDEZ; DÍAZ, 2008).

Deste modo o presente trabalho visou explorar dados literários referentes ao fungo *Pochonia* spp. a fim de elucidar sua natureza, taxonomia e estudos mais relevantes sobre sua aplicação na agricultura.

2 | TAXONOMIA E MORFOLOGIA

O gênero *Pochonia* foi descrito em 1965 quando micologistas brasileiros isolaram a espécie *Pochonia humicola* de solo do nordeste do Brasil (BATISTA; FONSCCECA, 1965). A taxonomia do fungo havia sido descrita muito antes, porém atribuída ao gênero *Verticillium* sob o nome de *Verticillium chlamydosporium*, em 2001 o fungo *V. chlamydosporium* tornou-se do gênero *Pochonia* e foi renomeado à *Pochonia chlamydosporia* com base em estudos de morfologia e genética molecular (ZARE et al., 2001).

Atualmente, o gênero *Pochonia* compreende uma única espécie dividida em cinco variedades, são elas: *chlamydosporia*, *catenulata*, *ellipsospora*, *spinulospora* e *mexicana*. As espécies semelhantes à *Pochonia* que foram inicialmente acomodados a este gênero, atualmente pertencem a um novo gênero denominado *Metapochonia* (EVANS; KIRK, 2017).

Pochonia spp. se reproduz de forma assexuada ou sexuada. Na Tabela 1 são descritos a classificação taxonômica detalhada de *P. chlamydosporia* conforme sua reprodução.

Classificação	Sexuada	Assexuada
Reino	Fungi	Fungi
Filo	Ascomycota	Deuteromycota
Classe	Ascomycetes	Hyphomycetes
Ordem	Hypocreales	Moniales
Família	Clavicipitaceae	Moniliaceae
Gênero	<i>Metacordyceps</i>	<i>Pochonia</i>
Espécie	<i>Metacordyceps chlamydosporia</i>	<i>Pochonia chlamydosporia</i>
Variedade	-	<i>Pochonia chlamydosporia</i> var. <i>chlamydosporia</i>

Tabela 1. Taxonomia de *P. chlamydosporia* (ZARE et al., 2001).

A reprodução assexuada de *Pochonia* acontece por meio de conídios ou clamidósporos, sendo o primeiro caracterizado por sua estrutura unicelular de fácil propagação e a segunda por serem estruturas multicelulares, resistentes e que mantém sua viabilidade por longo tempo em condições ambientais não favoráveis à sua germinação, sendo preferencialmente utilizados como fonte de inóculo (KERRY; BOURNE, 2002).

As hifas de *Pochonia* são septadas, hialinas, com micélio aéreo fino, possuem coloração branca no início do cultivo e adquire cor bege ao decorrer da produção de clamidósporos, em meio ágar extrato de malte (MEA) as colônias do fungo atingem entre 20 a 38 mm em 10 dias de incubação (ZARE et al., 2001).

As estruturas microscópicas dos isolados apresentaram-se com presença de clamidósporos, fiálide fina e alongada, conídios em formato ovoides em aglomerados e micélios aéreos (NAGESH et al., 2007) (Figura 1).

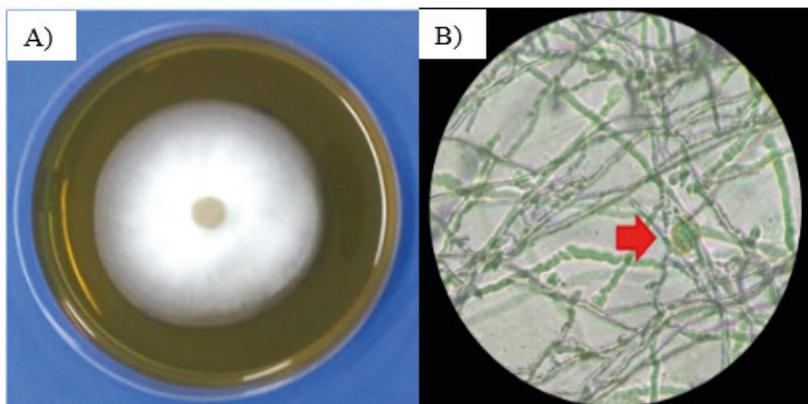


Figura 1. Características morfológicas de *Pochonia* em MEA. A) Morfologia macroscópica, B) Morfologia microscópica (aumento 400x). A seta em vermelho destaca a presença de clamidósporo.
Fonte: Autora

É um fungo saprófita, anamórfico, endófito e parasita de ovos e fêmeas de espécies de fitonematoides (GHAHREMANI et al., 2019).

3 I ANTAGONISMO DE FITONEMATOIDES

Os fitonematoides são organismos vermiformes com comprimento entre 0,2 a 3,0 mm que habitam o solo e sua principal fonte de nutrientes são as raízes das plantas, onde parasitam e causam doenças. As perdas causadas por nematoides em países tropicais e subtropicais são difíceis de serem estimadas, principalmente porque nestas regiões o clima favorece a reprodução destes organismos (CHARCHAR, 1999).

Os nematoides mais populares são os que constituem o gênero *Meloidogyne* e *Globodera*, o primeiro constitui espécies conhecidas como nematoide das galhas e são parasitas de raízes e caules, os nematoides do gênero *Globodera* despertam grande preocupação, pois possuem a capacidade de permanecerem viáveis no solo na forma de cistos por longos períodos, por isso são popularmente conhecidos como nematoide dos cistos (PINHEIRO et al., 2015).

Outras espécies de importância econômica são: *Pratylenchus* (nematoide de lesões necróticas), *Dithylenchus* (nematóide da haste e bulbo) e *Scutellonema* (nematóide da casca preta) (RAMIREZ et al., 2021).

O ciclo de vida dos nematoides varia de acordo com a espécie, mas em geral o ciclo básico compreende a fase do ovo, seguido de quatro estágios juvenis (J1, J2, J3 e J4) havendo a troca de tegumento entre os estágios, e finalmente a fase adulta (WHARTON, 2011).

3.1 Interações fungo-nematoide

Acredita-se que enzimas extracelulares secretadas pelo fungo desempenham papel fundamental no rompimento da casca dos ovos de nematoides e colonização do corpo do juvenil. A enzima protease VCP1, foi extraída e purificada de *P. chlamydosporia* e observou-se que é capaz de remover o revestimento proteico da casca de ovos de *Meloidogyne* (SEGERS et al., 1996), enzimas quitinase produzidas por *P. chlamydosporia* também apresentaram antagonismo contra ovos de nematoides (TIKHONOV et al., 2002).

As enzimas protease e quitinase são importantes para romper a casca dos ovos de nematoides que são compostas por uma camada vitelina proteica externa, uma camada de quitina, uma matriz proteica embebida em microfibrilas de quitina e uma camada lipídica interna (BIRD; MCCLURE, 1976).

As serinas proteases são as enzimas protease mais codificadas pelo genoma de *Pochonia*. Em *P. chlamydosporia* foram identificadas as serinas proteases VCP1, P32 e SCP1 (SEGERS et al., 1996, LOPEZ-LLORCA; ROBERTSON, 1992, LOPEZ-LLORCA et al., 2010). Após a ação das proteases na casca do ovo, a camada de quitina é exposta, a partir de então as endoquitinases produzidas pelo fungo clivam aleatoriamente a cadeia de

quitina enquanto as hexoquinase clivam a quitobiose e as N-acetyl- β D-glucosaminidases retiram os monômeros de glucosamina da quitobiose (MORTON et al., 2004).

A primeira quitinase purificada de *Pochonia* foi a 43 kDa endochitinase – CHI43, foi demonstrado que esta enzima age sinergicamente com a protease P32 em ovos de *G. pallida* (TIKHONOV et al., 2002), o gene *pcchi44* que codifica uma endoquitinase extracelular de *P. chlamydosporia* foi isolada e clonada, a quitinase recombinante PCCHI44 de 44 kDa foi purificada e demonstrou virulência contra *Meloidogyne incógnita* (MI et al., 2010).

A relação entre produção de enzimas (quitinases, esterases, lipases e serina protease) por diferentes isolados de *P. chlamydosporia* e seu crescimento parasitário e saprotrófico foram estudados, observou-se que a produção de enzimas pelo fungo varia de acordo com o meio de cultivo, assim como a quantidade de enzimas produzidas varia conforme o isolado (ESTEVES et al., 2009).

Outro fator relacionado a característica nematicida do fungo é a produção de metabólitos secundários. A classificação 34 metabólitos secundários de *P. chlamydosporia* foram reportadas, dos metabólitos identificados, piranonas fomamalactona e aurovertinas mostraram ter atividade nematicida (NIU, 2017).

O parasitismo feito por *Pochonia* inicia-se com a adesão do fungo ao alvo, este processo é realizado com auxílio de algumas glicoproteínas que conferem aderência das hifas e conídios aos ovos de nematoides, geralmente esta etapa inicia-se em um ambiente úmido (LOPEZ-LLORCA et al., 2002; NICHOLSON; MORAES, 1980).

A segunda etapa do parasitismo é marcada pela penetração do fungo no hospedeiro, este processo acontece por meio de enzimas extracelulares. Além das enzimas, *Pochonia* é capaz de produzir apressórios na ponta dos tubos germinativos e nas hifas laterais e terminais que agem com força mecânica auxiliando na perfuração da casca dos ovos (LOPEZ-LLORCA; CLAUGHER, 1990).

Após a penetração, o fungo coloniza o tecido do hospedeiro para absorver os nutrientes e aumentar sua capacidade reprodutiva. *P. chlamydosporia* utiliza açúcares como a trealose presente nos ovos e nos juvenis como fonte de carbono e coloniza as células de alimentação presente nas fêmeas para absorver os nutrientes vegetais (YEN et al., 1996; WHARTON, 2011).

3.2 *Pochonia* como agente de biocontrole no manejo integrado de pragas

Regiões de clima temperado testaram a aplicação de *Pochonia* associado ao manejo integrado de pragas (MIP), experimentos em campo realizados no Reino Unido demonstraram que o fungo é capaz de reduzir em 50% a presença de *G. pallida* na cultura da batata (TOBIN et al., 2008b).

O produto comercial Klamic® a base *P. chlamydosporia* var. *catelunata* foi testado em plantações de beterraba na Cuba, onde ocorriam perdas de 70% no cultivo devido a

incidência de *M. incógnita*. Observou-se que seis meses após a aplicação a concentração de *Pochonia* na rizosfera manteve-se alta e houve colonização de cerca de 90% dos ovos (HERNÁNDEZ; DÍAZ, 2008).

O controle de *M. javanica* em culturas de alface e cenoura foi testado em condições de campo utilizando um produto a base de *P. chlamydosporia* em fase de desenvolvimento. Foram testadas diferentes doses por metro quadrado de cada parcela experimental e concluiu-se que as doses de 3,8 e 9,5 g do produto reduziram o número de galhas em 46,0% e 38,9% nas raízes, o número de ovos de nematoides no solo foi reduzido em 52,3% e 53,1%, respectivamente, além disto, notou-se o aumento no desenvolvimento das plantas (DALLEMOLE-GIARETA et al., 2013).

A interação de *P. chlamydosporia* var. *catenulata* com as espécies *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* e *Glomus clarum*, foi avaliada, os experimentos foram conduzidos em estufa utilizando a cultura do feijão e tomate, os resultados demonstraram que houve compatibilidade entre *P. chlamydosporia*, *Rhizobium*, *T. harzianum* e *G. clarum* e menor número de juvenis de *M. incógnita* no solo foi encontrado nos tratamentos que incluíram *P. chlamydosporia* var. *catenulata* (PUERTA et al., 2006).

A compatibilidade da aplicação de *Pochonia* associado ao fungicida azoxistrobina foi avaliada, os resultados demonstraram que o fungo possui sensibilidade inicial a este químico, porém ao longo do tempo o fungo se reestabelece tornando-se capaz de infectar os cistos de nematóides (TOBIN et al., 2008a).

Um estudo de patogenicidade e toxicidade aguda (oral e dérmica) foram realizados com o objetivo de avaliar a segurança da interação do fungo *P. chlamydosporia* com organismos não alvos, os exames demonstraram que os animais que receberam doses contendo esporos do fungo não apresentaram letalidade, toxicidade ou patogenicidade, comprovando a segurança da manipulação do fungo (GARCÍA et al., 2004).

Segundo Manzanilla-López et al. (2013), o uso de *P. chlamydosporia* no manejo integrado de pragas é uma proposta interessante, porém é necessário entender melhor a biologia do fungo, realizar o sequenciamento completo do genoma, conhecer melhor os genes responsáveis pela característica nematicida, reduzir as taxas de aplicação, otimizar a produção e métodos de formulação e aumentar os ensaios de validação em condições de campo, além disto o autor ressalta que o biocontrole depende de uma cuidadosa seleção da cepa.

4 | PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO VEGETAL

Espécies de *P. chlamydosporia* e *P. rubescens* foram estudadas nas culturas do trigo e cevada. Experimentos conduzidos em tubos de crescimento demonstraram que os fungos aumentaram o comprimento efetivo da raiz das mudas de cevada, já em experimentos realizados em vasos, a espécie *P. chlamydosporia* aumentou o peso do rebento das plantas

de trigo (MONFORT et al., 2005).

Deepa et al. (2011) conduziu um experimento em um jardim cítrico de *Citrus limonia* L. de nove anos, uma formulação de talco contendo *P. chlamydosporia* foi aplicado a uma profundidade de 20-30 cm e 120 cm de distância do tronco das árvores, os resultados demonstraram maior rendimento das frutas em 81,66%.

A promoção de crescimento também foi observada em plantas de alface, no qual houve aumento dos parâmetros vegetativos na área de menor fertilidade do solo quando foram utilizadas doses de 10 e 30 g do produto, que consistiu em grãos de arroz colonizados por *P. chlamydosporia* (DIAS-ARIEIRA et al., 2011).

Dallemole-Giaretta et al. (2013) testaram diferentes doses de produto a base de *P. chlamydosporia* para o manejo de nematoides em plantas de alface e notaram que houve maior crescimento nas plantas inoculadas com o fungo quando comparadas ao controle.

Em plantas de tomate, o fungo *P. chlamydosporia* colonizou as células da epiderme e córtex do tomateiro e induziu a defesa das plantas, além disto, sua colonização endofítica promoveu o crescimento das raízes e brotos de tomate (ESCUDEIRO; LOPEZ-LLORCA, 2012).

Outro estudo também realizado com tomate demonstrou que isolados de *P. chlamydosporia* aumentaram significativamente o crescimento radicular de tomateiro e reduziu o tempo de floração e frutificação em até 5 e 12 dias respectivamente e induziu o aumento do peso dos frutos de tomate maduros, também foi quantificada a produção de ácido indol acético e capacidade de solubilização de fosfato mineral pelo fungo (ZAVALA-GONZALEZ et al., 2015).

Cepas de fungos isolados da Amazônia foram estudadas quanto a sua capacidade em solubilização de fosfato de cálcio e PCV em milho e feijão-caupi, dos 22 isolados obtidos, uma das cepas foi identificada como sendo *P. chlamydosporia*, demonstrou ser solubilizante de fosfato e promoveu crescimento nas raízes de milho e feijão-caupi (GOMEZJURADO et al., 2012).

Um estudo avaliou o efeito de *P. chlamydosporia* incorporado ao solo e aplicado na superfície dos canteiros de plantação de cenoura, os tratamentos em que o fungo foi aplicado na superfície dos canteiros aumentou a produção total e comercial de raízes de cenoura em 25,35 e 55,03%, respectivamente (BONTEMPO et al., 2014).

P. chlamydosporia foi aplicado em raízes de cevada e os resultados demonstraram que houve colonização das raízes de forma endofítica e que o fungo promoveu efeitos de crescimento nas plantas (MACIÁ-VICENTE et al., 2009).

Larriba et al. (2015) avaliaram a colonização endofítica de raízes de cevada por *P. chlamydosporia* que demonstraram promoção de crescimento das plantas e por meio de análise transcriptômica do gene do fungo, observaram uma regulação positiva de genes envolvidos na biossíntese de hormônios vegetais, como auxina, etileno e ácido jasmônico.

A aplicação de *P. chlamydosporia* em raízes de plantas de algodão em casa de

vegetação promoveu o crescimento vegetal, aumentando em até 52% o comprimento dos rebentos, em até 111% o tamanho dos brotos e em até 37% a massa da raiz das plantas de algodão (WANG et al., 2005).

Dallemole-Giaretta et al. (2015) avaliaram três isolados de *P. chlamydosporia* aplicados em sementes de tomate e alface, os resultados demonstraram que houve promoção de crescimento por todos os isolados e que um deles colonizou o rizoplane de mudas de tomate em apenas 15 dias e produziu grande quantidade de clamidósporos.

Um estudo avaliou a inoculação de produto a base de *Pochonia* (Klamic®) em diferentes cultivares de bananeira, foi utilizada a concentração de $5,6 \times 10^5$ clamidósporos por planta, observou-se que as plantas que receberam o inóculo apresentaram maior comprimento e biomassa quando comparadas aos tratamentos sem inoculação (HERNÁNDEZ et al., 2016).

5 | CULTIVO DE POCHONIA SPP.

Uma das maiores limitações para o desenvolvimento do inoculante líquido a base de fungo é a dificuldade de formulação de meio de cultura para produção em escala industrial.

Os conídios e fragmentos de hifas de *Pochonia* spp. não possuem boa taxa de sobrevivência no solo, principalmente quando são submetidos a fungicidas ou o solo não lhes proporcionam muitos nutrientes, porém os clamidósporos são resistentes o suficiente para permanecerem muito tempo sem necessitar de uma fonte de nutrientes externa, tornando sua produção em escala um grande objetivo da formulação de inoculantes (MANZANILLA-LÓPEZ et al., 2013).

Alguns autores relataram que apenas conídios e hifas de *Pochonia* são produzidos em meio líquido com agitação, os clamidósporos são produzidos apenas em cultivo estático, principalmente em fase sólida, logo a aplicação de *Pochonia* geralmente é feita por meio dos clamidósporos em substrato sólido como arroz, milho e grãos de milho triturado (MANZANILLA-LÓPEZ et al., 2013). Os meios mais comuns para a produção de clamidósporos de *Pochonia* são os meios constituídos por cevada, milho ou trigo moídos com areia esterilizada (ABRANTES et al., 2002).

Franco (2006) depositou uma patente com tecnologia e constituição de meio de cultura sintético para a produção de clamidósporos de *P. chlamydosporia* em meio líquido com rendimentos de 10^6 clamidósporos mL⁻¹.

Um estudo avaliou a produção de clamidósporos de *Pochonia* em diferentes substratos sólidos, concluiu-se que grãos de arroz permitiram maior produção de clamidósporos por grama de substrato independente da umidade e tipo de esterilização utilizada, o rendimento máximo obtido foi de 10^5 clamidósporos mL⁻¹ (DALLEMOLE-GIARETTA et al., 2011).

Mo et al. (2005), cultivaram *P. chlamydosporia* em meio líquido variando as fontes de carbono, nitrogênio, pH e razão C:N. A razão C:N de 10: 1 em pH 3,7 produziu o rendimento

máximo de conídios e uma razão C:N de 40: 1 em pH 6,8 rendeu a biomassa máxima. As fontes de carbono e nitrogênio que tiveram melhores resultados foram pó de batata doce e peptona de caseína, respectivamente.

Liu e Chen (2003) estudaram vinte fontes de carbono e dezoito fontes de azoto para cultivo de *P. chlamydosporia* em fases sólida e líquida, os resultados demonstraram que o fungo cresceu melhor quando utilizado o glicogênio, inulina, D(+) galactose e amido solúvel. As melhores fontes de nitrogênio foram caseína para cultivo sólido e peptona para cultivo líquida. A ausência da vitamina B6 no meio de cultura diminuiu a produção de conídios pelo fungo.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pochonia spp. é um fungo que apresenta aplicabilidade na agricultura, sua propriedade nematicida e promotora de crescimento de plantas foi comprovado em diferentes culturas agrícolas. Poucos trabalhos foram realizados visando otimizar o cultivo de *Pochonia* com perspectiva de formulação de um inoculante, sendo necessário mais estudos sobre suas exigências nutricionais.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, I. M. De O. *et al.* A **Manual for Research on *Verticillium chlamydosporium*, a potential biocontrol agent for root-knot nematodes.** Kerry, B.R & Bourne, J.M. (eds.). IOBC/WPRS, Gent, 2002, 84 pp.

BATISTA, A. C.; FONSECA, O. M. ***Pochonia humicola* n. gen. e n. sp., uma curiosa entidade fúngica dos solos do Nordeste do Brasil.** Public Institute Micologia, v. 462, p. 1-11, 1965.

BIRD, A. F.; MCCLURE, M. A. **The tylenchid (Nematoda) egg shell: structure, composition and permeability.** Parasitology, v. 72, n. 1, p. 19-28, 1976.

BONTEMPO, A. F.; FERNANDES, R. H.; LOPES, J.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A. ***Pochonia chlamydosporia* controls *Meloidogyne incognita* on carrot.** Australasian Plant Pathology. v. 43, p. 421-424, 2014.

BONTEMPO, A. F.; LOPES, E. A.; FERNANDES, R. H.; DE FREITAS, L. G.; DALLEMOLE-GIARETTA, O. **Dose-response effect of *Pochonia chlamydosporia* against *Meloidogyne incognita* on carrot under field conditions.** Revista Caatinga, v. 30, n. 1, p. 258-262, 2017.

BUONAFINA, Júlia. **Produtividade agropecuária do Brasil é uma das que mais crescem, diz estudo.** 2017. Disponível em: <agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/201705/produtividade-agropecuaria-do-brasil-e-uma-das-que-mais-crescem-diz-estudo>. Acesso em: 21 ago. 2020.

CHARCHAR, J. M. **Embrapa Hortaliças – Circular técnica (INFOTECA-E).** Brasília: Embrapa, 1999, 12 p.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; CAIXETA, L. B.; XAVIER, D. M.; FERRAZ, S.; FABRY, C.

F. S. **Produção de clamidósporos de *Pochonia chlamydosporia* em diferentes substratos.** Ciência e Agrotecnologia, v. 35, n. 2, p. 314-321, 2011.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; CAVALLIN, I. C.; MARMENTINI, G. A.; FARIA, C. M. R.; RESENDE, J. T. V. **Avaliação de um produto à base de *Pochonia chlamydosporia*, no controle de *Meloidogyne javanica* em alface e cenoura no campo.** Nematropica, v.43, n. 1, p. 131-137, 2013.

DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; SILVA, M. C. S.; KASUYA, M. C. M.; FERRAZ, S. ***Pochonia chlamydosporia* promotes the growth of tomato and lettuce plants.** Acta Scientiarum, v. 34, n. 4, p. 417-423, 2015.

DEEPA, S. P., SUBRAMANIAN, S., RAMAKRISHAN, S. **Biomangement of citrus nematode *Tylenchulus semipenetrans* Cobb on lemon, *Citrus limonia* L.** Journal Biopesticides, v. 4, n. 2, 2011.

DIAS-ARIEIRA, C. R. et al. **Efficiency of *Pochonia chlamydosporia* in *Meloidogyne incognita* control in lettuce crop (*Lactuca sativa* L.).** Journal of Food, Agriculture and Environment, v. 9, n. 3, p. 561-563, 2011.

DIAS, M. H.; BARBOSA, J. A.; PETERS, F. F.; STANGARLIN, J. R.; ESTEVES, R. L. **Controle alternativo de *Meloidogyne incognita* em tomateiro.** Scientia Agraria Paranaensis, v. 15, n. 4, p. 421-426, 2016.

ESCUADERO, N.; LOPEZ-LLORCA, L. V. **Effects on plant growth and root-knot nematode infection of an endophytic GFP transformant of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*.** Symbiosis, v. 57, n. 1, p. 33-42, 2012.

MAGAN, N.; KERRY, B. **Production of extracellular enzymes by different isolates of *Pochonia chlamydosporia*.** Mycological Research, v. 113, n. 8, p. 867-876, 2009.

EVANS, H. C.; KIRK, P. M. Systematics of *Pochonia*. In: Manzanilla-López R, Lopez Llorca L. **Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health.** Sustainability in Plant and Crop Protection. Ed. Springer, 2017. p.21-43.

FRANCO, C. **Liquid media for chlamydospore production of the fungus *Pochonia chlamydosporia*,** UE, WO2007031949. Universidade de Évora. 2006.

GARCÍA, L.; BULNES, C.; MELCHOR, G.; VEGA, E.; ILEANA, M.; DE OCA, N. M.; HIDALGO, L.; MARRERO, E. **Safety of *Pochonia chlamydosporia* var *catenulata* in acute oral and dermal toxicity/pathogenicity evaluations in rats and rabbits.** Veterinary and Human Toxicology, v. 45, n. 5, p. 248-250, 2004.

GHAHREMANI, Z.; ESCUREDO, N.; SAUS, E.; GABALDÓN, T.; SORRIBAS, F. J. ***Pochonia chlamydosporia* Induces Plant-Dependent Systemic Resistance to *Meloidogyne incognita*.** Frontiers in Plant Science, v.10, p.1-8, 2019.

GOMEZJURADO, M. E. G.; ABREU, L. M.; MARRA, L. M.; PFENNING, L. H.; MOREIRA, F. M. **Phosphate Solubilization by Several Genera of Saprophytic Fungi and Its Influence on Corn and Cowpea Growth.** Journal of Plant Nutrition, v. 38, n. 5, p. 675-686, 2012.

HERNÁNDEZ, M. A.; DÍAZ, H. **KlamiC®: Bionematicida agrícola producido a partir del hongo *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata***. La Revista de Protección Vegetal, v. 23, n. 2, p. 131-134, 2008.

HERNÁNDEZ, M. A.; ARÉVALO, J.; MARRERO-ORTEGA, J.; MARRERO-ROQUE, D.; HIDALGO-DÍAZ, L. **Effect of KlamiC® on growth stimulation of plantain and banana vitro plants**. Cultivos Tropicales, v. 37, n. 4, p. 168–172, 2016.

HIDALGO-DÍAZ, L.; FRANCO-NAVARRO, F.; DE FREITAS, L. G. Produtos microbianos *Pochonia chlamydosporia* para o manejo de nematóides parasitas de plantas: estudos de caso em Cuba, México e Brasil. In: **Perspectives in Sustainable Nematode Management through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health**. Springer, Cham, 2017. p. 311-342.

KERRY, B. R.; BOURNE, J. M. **A manual for research on *Verticillium chlamydosporium*, a potential biological control agente for root-knot nematodes**. Belgium: IOBC/WPRS, 2002, p. 1-84.

LARRIBA, E.; JAIMA, M. D. L. A.; NISLOW, C.; MARTÍN-NIETO, J.; LOPEZ-LLORCA, L. V. **Endophytic colonization of barley (*Hordeum vulgare*) roots by the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* reveals plant growth promotion and a general defense and stress transcriptomic response**. Journal of Plant Research, v. 128, p. 665-678, 2015.

LIU, X. Z.; CHEN, S. Y. **Nutritional requirements of *P. chlamydosporia* and ARF18, fungal parasites of nematode eggs**. Invertebrate Pathology, v. 83, p. 10-15, 2003.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; CLAUGHER, D. **Appressoria of the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium***. Micron and Microscopica Acta, v. 21, n. 3, p. 125-130, 1990.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; GÓMEZ-VIDAL, S.; MONFORT, E.; LARRIBA, E.; CASADO VELA, J.; ELORTZA, F.; JANSSON, H. B.; SALINAS, J.; MARTÍN-NIETO, J. **Expression of serine proteases in egg-parasitic nematophagous fungi during barley root colonization Fungal**. Fungal Genetics and Biology, v. 47, n. 4, p. 342-351, 2010.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; OLIVARES-BERNABEU, C.; SALINAS, J.; HANS-BÖRJE, J.; KOLATTUKUDY, P. E. **Pre-penetration events in fungal parasitism of nematode eggs**. Mycological Research, v. 106, n. 4, p. 499-506, 2002.

LOPEZ-LLORCA, L. V.; ROBERTSON, W. M. **Immunocytochemical localization of a 32 kDa protease from the nematophagous fungus *Verticillium suchlasporium* in infected nematode eggs**. Experimental Mycology, v. 16, n. 4, p. 261-267, 1992.

MACIÁ-VICENTE, J. G.; ROSSO, L. C.; CIANCIO, A.; JANSSON, H. B.; LOPEZ LLORCA, L. V. **Colonisation of barley roots by endophytic *Fusarium equiseti* and *Pochonia chlamydosporia*: effects on plant growth and disease**. Annals of Applied Biology, v.155, n. 3, p. 391-401, 2009.

MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; ESTEVES, I.; FINETTI-SIALER, M. M.; HIRSCH, P. R.; WARD, E.; DEVONSHIRE, J.; HIDALGO-DÍAZ, L. ***Pochonia chlamydosporia*: Advances and Challenges to Improve Its Performance as a Biological Control Agent of Sedentary Endo parasitic Nematodes**. The Journal of Nematology, v. 45, n. 1, p. 1-7, 2013.

MI, Q.; YANG, J.; YE, F.; GAN, Z.; WU, C.; NIU, X.; ZOU, C.; ZHANG, K. Q. **Cloning and over expression of *Pochonia chlamydosporia* chitinase gene pcci44, a potential virulence factor in**

infecting against nematodes. *Process Biochemistry*, v. 45, n. 5, p. 810-814, 2010.

MO, M. H.; XU, C. K.; ZHANG, K. Q. **Effects of carbon and nitrogen sources, carbon-to nitrogen ratio, and initial pH on the growth of nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* in liquid culture.** *Mycopathologia*, v. 159, p. 381-387, 2005.

MONFORT, E.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; JANSSON, H. B.; SALINAS, J.; PARK, J. O.; SIVASITHAMPARAM, K. **Colonization of seminal roots of wheat and barley by egg parasitic nematophagous fungi and their effects on *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and development of root-rot.** *Soil Biology and Biochemistry*, v. 37, n. 7, p. 1229-1235, 2005.

MORTON, C. O.; HIRSCH, P. R.; KERRY, B. R. **Infection of plant-parasitic nematodes by nematophagous fungi – review of the application of molecular biology to understand infection process and to improve biological control.** *Nematology*, v. 6, n. 2, p. 161-170, 2004.

NAGESH, M.; HUSSAINI, S. S.; RAMAJUNAM, B.; RANGESWARAN, R. **Molecular identification, characterization, variability and infectivity of indian isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia*.** *Nematologia Mediterranea*, v. 35, n. 1, 2007.

NICHOLSON, R. L.; MORAES, W. B. C. **Survival of *Colletotrichum graminicola*: importance of the spore matrix.** *Phytopathology*, v. 70, n. 3, p. 255-261, 1980.

NIU, X. M. Secondary Metabolites from *Pochonia chlamydosporia* and Other Species of *Pochonia*. In: Manzanilla-López R, Lopez-Llorca L. **Perspectives in Sustainable Nematode Management Through *Pochonia chlamydosporia* Applications for Root and Rhizosphere Health.** Sustainability in Plant and Crop Protection. Cham: Ed. Springer, 2017. p. 131-168.

PINHEIRO, J. B.; SILVA, G. O.; PEREIRA, R. B. **Nematoides na Cultura da Batata - Circular técnica.** Brasília: Embrapa, 2015, 12 p.

PUERTA, A.; DE LA NOVAL, B.; MARTÍNEZ, B.; MIRANDA, I.; FERNÁNDEZ, F.; HIDALGO-DÍAZ, L. **Interacción de *Pochonia chlamydosporia* var. *catenulata* com *Rhizobium* sp., *Trichoderma harzianum* y *Glomus clarum* en el control de *Meloidogyne incognita*.** *La Revista de Protección Vegetal*. v. 21, n. 2, p. 80-89, 2006.

RAMIREZ, C. H.; ARAÚJO, A. S.; FILHO, G. M.; ROCHA, F. S.; COSTA, M. G. S.; MUNIZ, M. F. S. **Biocontrollers in the management of yam dry rot nematodes.** *Diversitas Journal*, v. 6, n. 1, p. 24-35, 2021.

SEGRS, R.; BUTT, M. T.; KERRY, B. R.; BECKETT, A.; PEBERDY, J. F. **The role of the proteinase VCP1 produced by the nematophagous *Verticillium chlamydosporium* in the infection process of nematode eggs.** *Mycological Research*, v. 100, n. 4, p. 421-428, 1996.

SILVA, J. O.; SANTANA, M. V.; FREIRE, L. L.; FERREIRA, B. S.; ROCHA, M. R. **Biocontrol agents in the management of *Meloidogyne incognita* in tomato.** *Ciência Rural*, v. 47, n. 10, e20161053, 2017.

SILVA, M. A.; NASCENTE, A. S.; DE FILIPPI, M. C. C.; LANNA, A. C.; SILVA, G. B.; SILVA, J. F. A. **Microrganismos promotores de crescimento isolados e combinados afetando a produção de biomassa, trocas gasosas e o conteúdo de nutrientes em plantas de soja.** *Revista Caatinga*, v. 33, n. 3, p. 619-632, 2020.

TEIXEIRA, L. A. J. et al. **Alterações em atributos químicos de um solo submetido à adubação e cultivado com videira ‘niagara rosada’.** Revista Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal (SP), v. 33, n. 3, p. 983-992, 2011.

TIKHONOV, V. E.; LOPEZ-LLORCA, L. V.; SALINAS, J.; JANSSON, H. B. **Purification and characterization of chitinases from the nematophagous fungi *Verticillium chlamyosporium* and *V. suchlasporium*.** Fungal Genetics and Biology, v. 35, n. 1, p. 67-78, 2002.

TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C.; WOODS, S. R.; CRUMP, D. H. **The compatibility of the fungicide azoxystrobin with *Pochonia chlamyosporia*, a biological control agent for potato cyst nematodes (*Globodera* spp.).** The Annals of Applied Biology, v.153, n. 3, p. 301-305, 2008a.

TOBIN, J. D.; HAYDOCK, P. P. J.; HARE, M. C.; WOODS, S. R.; CUMP, D. H. **Effect of the fungus *Pochonia chlamyosporia* and fosthiazate on the multiplication rate of potato cyst nematodes (*Globodera pallida* and *G. rostochiensis*) in potato crops grown under UK field conditions.** Biological Control, v. 46, n. 2, p. 194–201, 2008b.

VIVANCO-CALIXTO, R.; et al. **Reto agrobiotecnológico: inoculantes bacterianos de segunda generación.** Alianzas y Tendencias, v. 1, n. 1, 2016.

WANG, K.; RIGGS, R. D.; CRIPPEN, D. **Isolation, Selection, and Efficacy of *Pochonia chlamyosporia* for Control of *Rotylenchulus reniformis* on Cotton.** Phytopathology, v. 95, n. 8, p. 890-893, 2005.

WHARTON, D. A. **Cold tolerance.** In Perry RN, Wharton DA. **Molecular and physiological basis of nematode survival.** Wallingford: Ed. CAB International, 2011. p. 182-204.

YEN, J. H.; NIBLACK, T. L.; KARR, A. L.; WIEBOLD, W. J. **Seasonal biochemical changes in eggs of *Heterodera glycines* in Missouri.** Journal of Nematology, v. 28, n. 4, p. 442-450, 1996.

ZARE, R.; GAMS, W.; EVANS, H. C. **A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. V. The genus *Pochonia*, with notes on *Rotiferophthora*.** Nova Hedwigia, v. 73, p. 51-86, 2001.

ZAVALA-GONZALEZ, et al. **Some isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamyosporia* promote root growth and reduce flowering time of tomato.** Annals of Applied Biology, v. 166, n. 3, p. 472-483, 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

JÚLIO CÉSAR RIBEIRO - Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ); Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF); Engenheiro-Agrônomo pela Universidade de Taubaté-SP (UNITAU); Técnico Agrícola pelo Centro Educacional Limassis (Fundação ROGE). Possui experiência na área de Agronomia com ênfase em ciclagem de nutrientes, nutrição mineral de plantas, cultivos em sistemas hidropônicos, fertilidade e poluição do solo, e tecnologia ambiental voltada para o aproveitamento de resíduos da indústria de energia na agricultura. E-mail para contato: jcragronomo@gmail.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acidez do solo 14, 16, 19, 20, 27
Adubação 16, 17, 18, 25, 27, 28, 38, 39, 61
Adubação Orgânica 28, 39
Agricultura 9, 3, 13, 25, 29, 38, 48, 49, 50, 57, 62

B

Biocontrole 49, 50, 53, 54
Braquiária 14, 25, 27

C

Cama de frango 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Crescimento Vegetal 42, 48, 49, 50, 54, 56

F

Fermentação 49
Fertilidade 9, 1, 2, 11, 12, 16, 24, 27, 55, 62
Fitonematoides 48, 49, 50, 52
Fotossíntese 41, 42, 45

G

Girassol 41, 43, 44, 45, 46
Gradiente Pluviométrico 1, 3, 6, 8, 10, 13

I

Inoculante 48, 56, 57

M

Milho 3, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 41, 43, 44, 45, 46, 55, 56

N

Nitrogênio 10, 29, 31, 32, 35, 37, 38, 39, 49, 56, 57

P

Pastagem 15, 16
Planossolo 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

R

Radiação solar 41, 42, 46

S

Salinidade 2, 11, 12, 13

Saturação por bases 5, 10, 14, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 26

Semiárido 1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 13, 27

Soja 26, 41, 43, 44, 45, 46, 48, 60

Sorgo 24, 25, 27, 41, 43, 44, 45, 46

U

UREASE 28

V

Volatilização 28, 29, 33, 34, 35

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

EDUCAÇÃO EM SOLOS E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora

Ano 2021

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

EDUCAÇÃO EM SOLOS E MEIO AMBIENTE

 **Atena**
Editora

Ano 2021