

# CONTROLE BIOLÓGICO DE FITONEMATÓIDES NA CANA-DE-AÇÚCAR: REVISÃO SISTEMÁTICA

Data de aceite: 02/05/2024

### **Hernandez de Souza Constantino**

Eng. agrônomo, Mestre em Agroecologia (PROFAGROEC), Universidade Estadual de Maringá (UEM).

### **Heder Asdrubal Montañez Valencia**

Eng. agrônomo, Mestre em Agroecologia (PROFAGROEC)

### **Kátia Regina Freitas Schwan Estrada**

Profa. Dra. em Agronomia, Departamento de Agronomia (DAG), Programa de Pós-graduação em Agroecologia (PROFAGROEC) e de Agronomia (PGA), Universidade Estadual de Maringá (UEM).

**RESUMO:** Dada a importância da cana-de-açúcar para o agronegócio brasileiro, o presente estudo objetivou avaliar os nematocidas biológicos para essa cultura por revisão sistemática da literatura. A pesquisa foi realizada nos bancos de dados WoS e EBSCOHost, utilizando os termos (Biological control) AND (sugarcane) AND (nematode) AND (root), no período de janeiro de 2000 a outubro de 2022. Pela metodologia PICO foram selecionados 11 artigos na WoS e, na EBSCOHost selecionados 3. *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp. e *Pasteuria penetrans* destacaram-se como principais agentes de controle biológico. De forma geral, os resultados enfatizam a importância e

eficiência dos nematocidas biológicos e expressam potencial de uso combinado a outras estratégias de manejo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Saccharum* spp., Microorganismos, Manejo de nematoides.

## BIOLOGICAL CONTROL OF PHYTONEMATODES IN SUGARCANE: SYSTEMATIC REVIEW

**ABSTRACT:** Given the importance of sugarcane for Brazilian agribusiness, this study aimed to evaluate biological nematicides for this crop through a systematic literature review. The search was carried out in the WoS and EBSCOHost databases, using the terms (Biological control) AND (sugarcane) AND (nematode) AND (root), from January 2000 to October 2022. Using the PICO methodology, 11 articles were selected. in WoS and, in EBSCOHost, 3. *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp. and *Pasteuria penetrans* stood out as the main biological control agents. In general, the results emphasize the importance and efficiency of biological nematicides and express their potential for use in combination with other management strategies.

**KEYWORDS:** *Saccharum* spp.; Microorganisms; Nematode management.

## 1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma das *commodities* mais importantes para o agronegócio brasileiro e integra o conjunto de atividades econômicas de destaque no mercado mundial. Atualmente, o Brasil é o líder da produção global e, na safra 2021/22, foi responsável por 585,1 milhões de toneladas produzidas em aproximadamente 8,3 milhões de hectares. O cultivo e o processamento da cana-de-açúcar têm como principal finalidade a produção de açúcar e etanol, abastecendo o mercado interno e contribuindo fortemente para a geração de divisas via exportação (CONAB, 2023). Além destes produtos, a cadeia produtiva desta *commodity* gera subprodutos utilizados como matéria prima em diversas esferas da indústria, além da cogeração de bioenergia (UNICA, 2021).

Ademais, destaca-se o considerável aporte na geração de emprego e renda, cooperando com o cenário social e industrial brasileiro, visto que aproximadamente 3,2% do total de pessoas ocupadas no agronegócio está em atividades da cadeia sucroalcooleira, o que representa mais de um milhão de trabalhadores (PELOSI; SHIKIDA, 2020).

Além da importância da cana-de-açúcar pela circulação no mercado interno, movimentando diversos setores da indústria, com alta capacidade de produção de biocombustível, cogeração de bioenergia além da criação de emprego e renda, o complexo sucroenergético, açúcar e etanol, ocupa papel de destaque na pauta de exportação, visto que, em 2021 contribuiu com a balança comercial do país em aproximadamente US\$ 10 bilhões, sendo o quarto setor mais representativo do país. Neste cenário, a expressiva demanda pelo etanol impulsionou significativamente a expansão da área plantada com cana-de-açúcar no país, fomentando a criação de usinas canavieiras. Além disso, a colheita é predominantemente mecanizada. O percentual de mecanização das áreas registrado em 2007/08 era de 24,4%, já em 2019/20 esse número saltou para 88,4%, visto que a região Centro-Sul apresenta o maior percentual, com 92,9% das áreas com colheita mecanizada (UNICA, 2021; CONAB, 2023).

Dada a importância da cana-de-açúcar para o agronegócio brasileiro, ao longo do tempo, inúmeros fatores de produção e técnicas de manejo influenciaram a viabilidade do cultivo e o aumento de produtividade. Não obstante ao potencial produtivo, combinações de estresses bióticos e abióticos têm se tornado problema frequente, podendo gerar significativas perdas (CURSI et al., 2022). Neste cenário, dentre os principais problemas fitossanitários recorrentes na cultura, os fitonematoides têm ganhado destaque nas últimas décadas, gerando perdas estimadas em 50% da produtividade da cana-de-açúcar (BARBOSA et al., 2013).

Em todo o mundo, cerca de 300 espécies de nematoides pertencentes a 48 gêneros, já foram relatadas em associação com a cultura. No Brasil, *Meloidogyne* e *Pratylenchus* são os gêneros de maior importância para a cana-de-açúcar, destacando-se três espécies com maior ocorrência, *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *M. incognita* (Kofoid e

White) *Chitwood* e *Pratylenchus zae* Graham. Apesar de cada uma dessas espécies apresentar diferentes graus de infestação e severidade de danos à cultura, *M. incognita* é considerado o mais danoso para a cana-de-açúcar no país. A severidade destes danos está associada, principalmente, às espécies presentes na área e os níveis populacionais, à variedade cultivada e às condições de umidade do solo no momento do plantio da cana além da presença de outros patógenos que podem interagir com os nematoides (STEVEN et al., 2014).

Dada a complexidade das interações envolvendo os nematoides e a cana-de-açúcar além da dimensão dos prejuízos, o manejo de áreas infestadas é feito, quando possível, pela integração de várias medidas de controle, visando reduzir as populações desses patógenos abaixo do nível de danos à cultura, visto que, a erradicação total do solo é praticamente impossível. Dentre as práticas adotadas para diminuir a densidade populacional dos nematoides em área de cultivo de cana-de-açúcar, destacam-se o uso de variedades resistentes, rotação de culturas, uso de nematicidas químicos e, o controle biológico que vem se destacando com resultados promissores, no entanto carece de maiores informações (DINARDO-MIRANDA, 2014).

Dentre os diversos inimigos naturais de nematoides comumente encontrados nos solos, os que apresentam maior potencial como agentes de controle biológico são as bactérias e fungos, podendo atuar através de diferentes mecanismos de ação como antibiose, competição, parasitismo, predação e indução de mecanismos de defesas do hospedeiro (GRAHAM; STRAUSS, 2021).

Neste contexto, o uso de nematicidas biológicos na cana-de-açúcar para o manejo de nematoides ainda é pequeno, devido principalmente, a utilização de nematicidas químicos que resultam ainda, em incrementos de produtividade, no entanto, o efeito desses produtos é limitado, o que tem fomentado a pesquisa de alternativas mais sustentáveis de manejo. Assim, a introdução de organismos biológicos, como bactérias e fungos, nos canaviais pode contribuir de forma positiva, resultando em ganhos de produtividade, sendo que sua contribuição é diferente entre genótipos e entre as estirpes inoculadas, havendo assim uma interação entre estes fatores (PEREIRA et al., 2013).

Nessa perspectiva, tendo em vista o potencial brasileiro no cultivo da cana-de-açúcar e os efeitos prejudiciais dos nematoides à cultura, é necessário maior aporte de informações que permitam introduzir alternativas biológicas no manejo destes patógenos que atendam premissas de responsabilidade socioambiental além de apresentar efetividade de controle. Dessa forma, neste estudo foi realizada a busca por informações atualizadas sobre o controle biológico de nematoides utilizando uma abordagem sistemática para mensurar o potencial das contribuições do uso nematicidas biológicos na produção na cana-de-açúcar.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Metodologia

A pesquisa bibliográfica foi realizada de acordo com a metodologia PICO (Problem/hypothesis, Intervention, Comparison, and Outcome) proposta por Toronto e Remington (2020), a qual seguiu cinco etapas caracterizadas pela definição da pergunta/hipótese da pesquisa, visando a delimitação do estudo, a busca na literatura em bases científicas seguida de seleção dos artigos, avaliação da qualidade das evidências e relevância da literatura selecionada, síntese e metanálise dos dados e, por fim, redação, interpretação e implicações dos dados para a pesquisa.

Na etapa de formulação do problema/hipótese, partiu-se do questionamento se o controle biológico é eficiente no manejo de fitonematoides na cultura da cana-de-açúcar. Já na etapa de seleção dos artigos, foi utilizada a metodologia proposta por Liberati et al. (2009). Os dados foram coletados utilizando as bases de dados Web of Science® (WoS) e Academic Search Premier (EBSCOHost), a partir de artigos publicados nos periódicos científicos em língua inglesa. A busca em ambas as bases fora realizada utilizando os seguintes termos de pesquisa: (biological control) AND (sugarcane) AND (nematode) AND (root), durante o período de 1º de janeiro de 2000 a 30 de outubro de 2022. Posteriormente, as citações foram agrupadas e gráficos foram gerados para resumir as informações levantadas.

Após a obtenção dos artigos nas bases de dados descritas, para avaliação e seleção destes artigos foi utilizada a metodologia adaptada PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Moher et al., 2010), na qual realizou-se uma filtragem baseada em critérios obrigatórios, dessa forma, o artigo deveria apresentar uma ou mais das seguintes variáveis: densidade populacional de nematoides no solo e na raiz, número de massa de ovos, índice de galhas, penetração de nematoides na raiz, mortalidade de juvenis, taxa de reprodução e nematoides de vida livre.

Para a interpretação dos dados foi utilizado software VOS Viewer versão 1.6.18 para obtenção de rede, densidade e linhas.

Dentro do período de janeiro de 2000 a outubro de 2022, as pesquisas resultaram em 75 artigos no total, dos quais 37 foram filtrados a partir da base de periódicos WoS e, 38 artigos na EBSCOHost. Visto as primeiras publicações em 2000, foi observado que a partir de 2005 estas tornaram-se mais consistentes e de maior relevância, mantendo-se crescentes no decorrer dos anos. O pico destas publicações foi observado no ano de 2020, totalizando 11 artigos publicados, dos quais cinco foram encontrados na base EBSCOHost e 6 na WoS (dados não apresentados).

Após filtragem e consequente exclusões, foram selecionados 14 estudos elegíveis a revisão sistemática. Este número reduzido de artigos se deve aos termos de busca que resultam na ocorrência de duplicidade nas bases utilizadas para a pesquisa ou ainda, ao não enquadramento nos parâmetros estabelecidos de seleção, além do fato da

equação de busca selecionar artigos relacionados ao controle biológico com nematoides entomopatogênicos, os quais não correspondem ao objetivo do presente estudo, sendo, portanto, excluídos.

Após seleção dos artigos seguindo a metodologia PRISMA e análise na íntegra, estes estão descritos na Tabela 1 de acordo com seus respectivos autores, títulos, tratamentos/ microrganismos bem como os principais resultados.

Tabela 1 - Artigos publicados no período de janeiro de 2000 a outubro de 2022 com foco no controle biológico de fitonematoides na cultura da cana-de-açúcar.

Nº	Título	Tratamento / microrganismo	Principais resultados	Autores
1	Amendments of sugarcane trash induce suppressiveness to plant-parasitic nematodes in a sugarcane soil	Palha de cana de açúcar; palha de cana de açúcar + resíduo de soja; palha de cana de açúcar + N	Redução da população de <i>P. zeae</i> e <i>Tylenchorhynchus annulatus</i> ; aumento de carbono, biomassa, atividade microbiana e número de nematoides de vida livre.	Stirling et. al 2005
2	Biological control of root-knot nematode <i>Meloidogyne incognita</i> in <i>Psoralea corylifolia</i> plant by enhancing the biocontrol efficacy of <i>Trichoderma harzianum</i> using press mud	<i>T. harzianum</i> + resíduo de prensagem de cana de açúcar	Aumento da atividade das enzimas ascorbato peroxidase, catalase, peroxidase e superóxido dismutase; redução do fator de reprodução, número de massas de ovos e índice de galhas de <i>M. incognita</i> .	Nishat et. al 2022
3	Biological nematicides associated with biofertilizers in the management of <i>Pratylenchus zeae</i> in sugarcane	<i>T. harzianum</i> ; <i>Bacillus</i> sp. + biofertilizantes	Redução de nematoides por grama de raiz, da penetração no sistema radicular e aumento da mortalidade de <i>P. zeae</i> .	Schoen-Neto et. al 2019
4	Efficiency of <i>Bacillus subtilis</i> for root-knot and lesion nematodes management in sugarcane	<i>Bacillus subtilis</i>	Controle dos nematoides por três ciclos de produção da cana de açúcar. Maior eficiência no sulco de plantio.	Mazzuchelli; Mazzuchelli; Araujo, 2020
5	Integration of arbuscular mycorrhizal and nematode antagonistic fungi for the biocontrol of root lesion nematode <i>Pratylenchus zeae</i> Graham, 1951 on sugarcane	<i>Glomus fasciculatum</i> ; <i>G. Mosseae</i> ; <i>Arthrobotrys oligospora</i> ; <i>P. lilacinum</i> e <i>P. chlamydosporia</i>	Redução da população do nematoide em todas as plantas inoculadas com bioagentes; efeito maior com a combinação dos microrganismos; aumento do crescimento de raiz e massa de parte aérea.	Sankaranarayanan; Hari, 2021

6	Multiplication of <i>Bacillus subtilis</i> in vinasse and viability to control root-knot in sugarcane	<i>Bacillus subtilis</i>	Aumento da altura das plantas e massa seca da parte aérea; redução da reprodução dos nematoides; vinhaça viável para multiplicação de <i>Bacillus subtilis</i> .	Cardozo; Araújo, 2009
7	<i>Pasteuria</i> , a bacterial parasite of plant-parasitic nematodes: its occurrence in Australian sugarcane soils and its role as a biological control agent in naturally-infested soil	<i>Pasteuria penetrans</i>	<i>Pasteuria</i> presente em todas as regiões onde a cana de açúcar é cultivada. Redução da produção de ovos de <i>M. javanica</i> ; supressão do nematoide; supressão de <i>Meloidogyne</i> spp., <i>Pratylenchus zaei</i> , <i>Helicotylenchus dihystera</i> e <i>T. annulatus</i> ;	Stirling; Wong; Bhuiyan, 2017
8	Screening <i>Trichoderma</i> spp. as potential agents for biocontrol of <i>Meloidogyne incognita</i> in sugarcane	<i>Trichoderma</i> spp.	Isolados 3M, 8M e 17M reduziram o número de galhas; isolados 3M, 8M, 17M, 225T, 1M, 3M, 10M, 17M, 311T e 322 com alto potencial para controle do nematoide com redução do índice de galhas e fator de reprodução; <i>in vitro</i> , todos os isolados promoveram mortalidade dos juvenis, após 24 horas; 16 isolados foram eficientes no parasitismo de ovos.	Freitas et. al 2012
9	The bacterial biocontrol agent <i>Pasteuria penetrans</i> can help control root-knot nematode on sugarcane	<i>Pasteuria penetrans</i>	Redução do número de ovos e juvenis de <i>M. javanica</i> em solos naturalmente infestados; redução do índice e severidade de galhas; aumento da massa de parte aérea e de raízes.	Bhuiyan et. al 2018
10	The mesostigmatid mite <i>Protogamasellus mica</i> , an effective predator of free-living and plant-parasitic nematodes	<i>Protogamasellus mica</i>	Redução do número de nematoides; rápida multiplicação da população; um ácaro e sua progênie consumiram entre 26 e 50 nematoides/dia; resultados em <i>P. zaei</i> e <i>T. annulatus</i> .	Stirling et. al 2017

11	Attack rate and prey preference of <i>Lasioseius subterraneus</i> and <i>Protogamasellus mica</i> on four nematode species	<i>L. subterrâneo</i> ; <i>P. mica</i>	Redução da abundância de todos os nematoides por ambos os ácaros; <i>L. subterrâneo</i> consumiu todos os ovos de <i>M. javanica</i> em 72 h; <i>P. mica</i> apresentou preferência por <i>P. zaeae</i> .	Manwaring M, et. Al 2020
12	Effect of temperature, pH, carbon and nitrogen ratios on the parasitic activity of <i>Pochonia chlamydosporia</i> on <i>Meloidogyne incognita</i>	<i>P. chlamydosporia</i>	Aumento do número de propágulos fúngicos com o aumento da temperatura do solo; aumento do percentual de ovos infectados a 20°C; aumento do percentual de infecção do ovo com o aumento do nível de nitrogênio de 5 para 100 mM.	Luambano, ND et.al 2015
13	<i>Bacillus</i> species for controlling root-knot nematodes in development in sugar cane	<i>B. subtilis</i> ; <i>B. firmus</i> ; <i>B. amyloliquefaciens</i> ; Carbofurano	Redução do número de ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i> nas raízes das plantas; todos os tratamentos aumentaram o número de perfilhos, mas não controlaram os nematoides	Ferreira, R. J et. al 2017
14	Isolation and effect of <i>Trichoderma citrinoviride</i> Snef1910 for the biological control of root-knot nematode, <i>Meloidogyne incognita</i>	Cepa Snef1910 de <i>Trichoderma citrinoviride</i>	Alta virulência de <i>T. citrinoviride</i> contra J2 de <i>M. incognita</i> ; inibição da eclosão de ovos com percentuais de eclosão de 90,27, 77,50 e 67,06% em 48, 72 e 96 h após o tratamento, respectivamente; redução do número de galhas, massas de ovos e densidade populacional de J2 no solo.	Fan et. al 2020

Fonte: Adaptação do autor a partir dos dados obtidos das bases WoS e EBSCOHost, de janeiro de 2000 a outubro de 2022.

Diferentes agentes de controle biológico apresentam potencial comprovado no manejo de fitonematoides, visto que os principais apresentam o maior número de artigos publicados, são eles, *Bacillus* sp. (5 publicações), *Trichoderma* sp. (3 publicações), *P. penetrans* (2 publicações), *P. chlamydosporia* (2 publicações) e o ácaro *P. mica* (2 publicações), os demais apresentam somente uma publicação, como apresentado na Tabela 1.

Os valores correspondentes aos percentuais de redução populacional de nematoides (ovos e/ou juvenis) encontrados nos estudos foram descritos e comparados com a média obtida entre os trabalhos (Figura 1). No geral, os valores de redução da população de nematoides (%) calculados após a seleção dos artigos (n= 14) representaram média  $\pm$  desvio padrão de 33,02 para a variável analisada. A média de redução populacional destes patógenos por agentes de controle biológico foi de 65%, sendo que alguns resultados apresentaram percentual acima de 80% (5), entre 60- 80% (3), 40-60% (2), 20-40% (2) e 20-0% (2).

Ressalta-se que a associação de uma ou mais práticas de controle, desde que sinérgicas, são extremamente benéficas no manejo de nematoides na cana-de-açúcar.

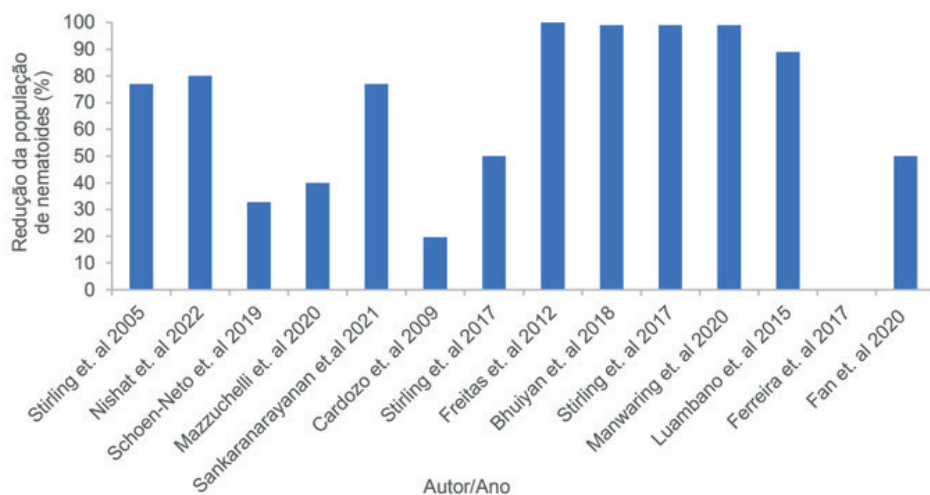


Figura 1 - Análise comparativa dos percentuais de redução da população de nematoides com base nos dados dos estudos selecionados (n=14).

Fonte: próprios autores (2022).

Práticas como o uso de cobertura morta, associação com biofertilizantes e fungos micorrízicos arbusculares (FMA) são exemplos de sucesso destas associações. Outro ponto evidenciado é que o potencial de biodiversidade existente tem sido utilizado para promover práticas mais sustentáveis de controle.

Ademais, utilizando o software VOSviewer foi possível representar a densidade, a frequência e a associação com termos próximos das principais palavras-chaves. De acordo com o resultado de busca na base WoS, as palavras mais frequentes e com alta densidade foram “parasitic nematode” (10), “biological control agent” (9), “mortality” (6), “organic amendment” (6), “organic matter” (6), “research” (6), “efficiency” (5), “egg” (5), “management” (5), “potential” (5), “tillage” (5). A mesma metodologia foi aplicada aos dados obtidos na base de dados da EBSCOHost visto que as palavras mais frequentes e com alta densidade foram “biological control” (13), “biological pest control agents” (12), “biological pest control” (11), biological control of nematodes (5), “root-knot nematodes” (5), sugarcane (5), biocontrol (3), pest control (3).



### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente estudo, são evidentes a eficiência e os benefícios do uso de nematicidas biológicos no manejo de nematoides na cultura da cana-de-açúcar visto que os efeitos positivos são observados tanto isoladamente quanto em associação a outras formas de manejo, desde que compatíveis e com sinergismo. Entretanto, estudos adicionais ainda são necessários para elucidar todas as interações entre os microrganismos, nematoides, planta e ambiente visando atingir elevados níveis de controle e alta performance agrônômica da cultura.

### REFERÊNCIAS

BARBOSA, B. F. F.; SANTOS, J. M.; BARBOSA, J. C.; SOARES, P. L. M.; RUAS, A. R.; CARVALHO, R. B. Aggressiveness of *Pratylenchus brachyurus* to sugarcane, compared with key nematode *P. zeae*. **Nematropica**, v. 43, n. 1, p. 119-130, 2013.

BHUIYAN, S.A., STIRLING, G.R., GARLICK, K., ANDERSON, J., WICKRAMASINGHE, P. AND WONG, E. The bacterial biocontrol agent *Pasteuria penetrans* can help control root-knot nematode on sugarcane. **International sugar Journal**: 121. Ed .1445, p. 370-372, 2018.

CARDOZO, R. B.; ARAUJO, F. F. Multiplicação de *Bacillus subtilis* em vinhaça e viabilidade no controle da meloidoginose, em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1283-1288, 2011.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar. Primeiro levantamento – Safra 2023/24. Brasília-DF, v. 11, p. 1-55, 2023.

CURSI, D. E.; HOFFMANN, H. P.; BARBOSA, G. V. S.; BRESSIANI, J. A.; GAZAFFI, R.; CHAPOLA, R. G.; FERNANDES-JUNIOR, A. R.; BALSALOBRE, T. W. A.; DINIZ, C. A.; SANTOS, J. M.; CARNEIRO, M. S. History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in Brazil. **Sugar Tech**, v. 24, p. 112–133, 2022.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Nematoides e pragas da cana-de-açúcar. Campinas: IAC, 2014. 400p.

FAN, H., YAO, M., WANG, H., ZHAO, D., ZHU, X., WANG, Y., LIU, X., DUAN, Y., CHEN, L. Isolation and effect of *Trichoderma citrinoviride* Sneh1910 for the biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. **BMC Microbiol** 20, 299 (2020).

FERREIRA, R. J., P. L. M. SOARES, R. B. DE CARVALHO, J. M. DOS SANTOS, E. S. P. BATISTA, AND E. J. C. BARBOSA. *Bacillus* species for controlling root-knot nematodes in development in sugar cane. **Nematropica** 47, no. 2, p. 106-113, 2017.

FREITAS, M. A., PEDROSA, E. M. R., MARIANO, R. L. R., & MARANHÃO, S. R. V. L. "Screening *Trichoderma* spp. as potential agents for biocontrol of *Meloidogyne incognita* in sugarcane." **Nematropica** 42: p. 115-122, 2012.

GRAHAM, J. H.; STRAUSS, S. L. Biological control of soilborne plant pathogens and nematodes. In: GENTRY, T. J.; FUHRMANN, J. J.; ZUBERER, D. A. (Orgs.). Principles and Applications of Soil Microbiology. Elsevier, 2021, p. 633-654.

LUAMBANO, Nessie D.; MANZANILLA-LÓPEZ, Rosa H.; KIMENJU, John W.; POWERS, Stephen J.; NARLA, Rama D.; WANJOHI, Waceke J.; KERRY, Brian R.. Effect of temperature, pH, carbon and nitrogen ratios on the parasitic activity of *Pochonia chlamydosporia* on *Meloidogyne incognita*. **Biological Control**, [S.L.], v. 80, p. 23-29, jan. 2015. Elsevier BV.

LIBERATI, A.; ALTMAN, D. G.; TETZLAFF, J.; MULROW, C.; IOANNIDIS, J. P. A.; CLARKE, M.; DEVEREAUX, P. J.; KLEIJNEN, J.; MOHER, D. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLOS Medicine*, v. 62. n. 10. p. 1-34. 2009.

MANWARING, M.; NAHRUNG, H. F.; WALLACE, H.. Attack rate and prey preference of *Lasioseius subterraneus* and *Protogamasellus mica* on four nematode species. **Experimental And Applied Acarology**, [S.L.], v. 80, n. 1, p. 29-41, jan. 2020. Springer Science and Business Media LLC.

MAZZUCHELLI, R. C. L.; MAZZUCHELLI, E. H. L.; ARAUJO, F. F. Efficiency of *Bacillus subtilis* for root-knot and lesion nematodes management in sugarcane. **Biological Control**, v. 43, 2020.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G. PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and metanalyses: the PRISMA statement. *International Journal of Surgery*, v. 8, n. 8, p. 336-341, 2010.

NISHAT, Y., DANISH, M., MOHAMED, H. I., SHAIKH, H., ELHAKEM, A. Biological Control of Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita* in *Psoralea corylifolia* Plant by Enhancing the Biocontrol Efficacy of *Trichoderma harzianum* Using Press Mud. **Phyton-International Journal of Experimental Botany**, 91(8), p. 1757–1777, 2022.

PELOSI, E. M.; SHIKIDA, P. F. A. A dinâmica do mercado de trabalho formal do setor sucroalcooleiro paranaense de 2000-2017: Evolução dos empregos e perfil dos trabalhadores. *Desenvolvimento Em Questão*, v. 18, n. 53, p. 386–407, 2020.

SANKARANARAYANAN, C.; HARI. K. Bio-management of root knot nematode *Meloidogyne javanica* in sugarcane by combined application of arbuscular mycorrhizal fungi and nematophagous fungi. **Journal of Sugarcane Research**, v. 3, n. 1, p. 62-70, 2013.

SCHOEN-NETO, G. A.; SOARES, M. R. C.; SORACE, M.; DIAS-ARIEIRA, C. R. Biological nematicides associated with biofertilizers in the management of *Pratylenchus zeae* in sugarcane. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 4, 2019.

STEVEN, A.; SOLOMON, S.; DARAMOLA, F. Biodiversity of plant-parasitic nematodes of sugarcane in Bacita, Nigeria. *Journal of Entomology and Nematology*, v. 6, n. 6, p. 71-79, 2014.

STIRLING, G.R., WONG, E. & BHUIYAN, S. *Pasteuria*, a bacterial parasite of plant-parasitic nematodes: its occurrence in Australian sugarcane soils and its role as a biological control agent in naturally-infested soil. *Australasian Plant Pathol.* 46, 563–569 (2017).

STIRLING, G.R., WILSON, E.J., STIRLING, A.M. Amendments of sugarcane trash induce suppressiveness to plant-parasitic nematodes in a sugarcane soil. *Australasian Plant Pathology* 34, 203–211 (2005).

STIRLING, Graham R.; STIRLING, A. Marcelle; WALTER, David E.. The *Mesostigmatid* Mite *Protogamasellus mica*, an Effective Predator of Free-Living and Plant-Parasitic Nematodes. **Journal Of Nematology**, [S.L.], v. 49, n. 3, p. 168-176, 1 jan. 2017. Walter de Gruyter GmbH.

TORONTO, C.; REMINGTON, R. A step-by-step guide to conducting an integrative review. Springer Cham, 2020, 106p.

UNICA - UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. Observatório da cana. Disponível em: <https://observatoriodacana.com.br/>. Acesso em 20 jun. 2023.