

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

Suscetibilidade ou resistência de cultivares de Lúpulo a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*

Discente: Letícia Suelen De Melo Dos Santos

Jaboticabal - SP

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

Suscetibilidade ou resistência de cultivares de Lúpulo a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*

Discente: Letícia Suelen De Melo Dos Santos

Orientadores: Prof. Drº. Pedro Luiz Martins Soares

Prof. Drª. Edicleide Macedo da Silva

Me. Daniel Dalvan do Nascimento

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal - SP

2º semestre/2023

S237s

Santos, Letícia

Suscetibilidade ou resistência de cultivares de Lúpulo a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*. / Letícia Santos. — Jaboticabal, 2023
29 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) -
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Pedro Soares

Coorientadora: Edicleide Silva

1. Nematoides de galha;. 2. Resistência;. 3. *Humulus lupulus*;. 4. Fator de
reprodução (FR);. 5. Índice de reprodução (IR).. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DEPARTAMENTO: CIÊNCIAS DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO TRABALHO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

TÍTULO: “SUSCETIBILIDADE OU RESISTÊNCIA DE CULTIVARES de Lúpulo a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*”

ACADÊMICO: Leticia Suelen de Melo dos Santos

CURSO: Engenharia Agrônômica

ORIENTADOR (ES): Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares
Profª. Dra. Edicleide Macedo da Silva
Me. Daniel Dalvan do Nascimento

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)
Presidente	Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares
Membro	Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade
Membro	Dr. Renan Furlan Gonsaga

	(Assinaturas)
	Documento assinado digitalmente PEDRO LUIZ MARTINS SOARES Data: 13/11/2023 20:22:41-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br
	DANIEL JUNIOR DE ANDRADE Data: 13/11/2023 16:15:53-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br Documento assinado digitalmente
	RENAN FURLAN GONSAGA Data: 13/11/2023 11:00:05-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br

Jaboticabal 30 / 10 / 2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 26 / 10 / 2023

Documento assinado digitalmente
 DANIEL JUNIOR DE ANDRADE
Data: 13/11/2023 16:15:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Chefe do Departamento de Ciências da Produção Agrícola

Prof. Dr. Daniel Júnior de Andrade

DEDICO

Aos meus pais José Maria dos Santos e Dilma Gomes De Melo Dos Santos, por toda a educação e por todo amor que nunca faltou. Ao meu marido Elismar Fernandes de Sousa por todo amor e confiança e ao meu irmão Deivid Ismael de Melo Dos Santos, pelo apoio e compreensão em meus momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

A Deus primeiramente, pelo sustento, provisão, graça e misericórdia que são diárias e por demonstrar seu cuidado conosco desde as coisas mais simples da vida.

Agradeço aos meus orientadores Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares, Profa. Dra. Edicleide Macedo da Silva e Me. Daniel Dalvan do Nascimento enorme apoio, incentivo, dedicação ao meu trabalho desde o início da graduação e ao imenso apoio nas publicações.

Aos meus colegas, Jéssica Alves Simielli, Ezequias Correia, Gabriel Sousa, João Venturin, Vinícius Cezarin e Bruno Zunfrilli. Sempre estivemos unidos durante os momentos da graduação.

À UNESP Câmpus de Jaboticabal, ao Departamento Ciências da Produção Agrícola e em especial ao LabNema (Laboratório de Nematologia), por todas as experiências vivida, amizades criadas e aprendizado adquirido ao longo dos anos.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	04
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	03
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	03
2.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E OBTENÇÃO DAS MUDAS.....	07
2.3. PREPARAÇÃO DO INÓCULO DAS ESPÉCIES DE NEMATOIDES....	08
2.4. INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	09
2.5. AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE OU RESISTÊNCIA.....	09
2.6. ANÁLISE DE DADOS.....	10
3. RESULTADOS	3
4. DISCUSSÃO.....	3
5. CONCLUSÕES	19
6. REFERÊNCIAS.....	20

Suscetibilidade ou resistência de cultivares de Lúpulo a *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne incognita*.

RESUMO

O Lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta perene da família Cannabaceae, cujas flores femininas contém os principais componentes utilizados na produção de cerveja. No entanto, surgiram preocupações devido à presença de nematoides de galha (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*) parasitando; comprometendo o desenvolvimento de raízes e plantas de Lúpulo. O trabalho teve como objetivo avaliar a suscetibilidade ou resistência de cultivares de Lúpulo a *M. javanica* e *M. incognita*. O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com nove cultivares de Lúpulo (Mantiqueira, Cascade, Nugget, Chinook, Columbus, Victoria, Bullion, Mapuche e Yakima Gold), seis repetições e inoculadas com cada espécie de nematoide. O estudo foi conduzido em vasos de 5 L, preenchido com substrato composto de areia, solo e esterco bovino curtido (4:1:1), autoclavado. Foram inoculados 2.000 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. incognita* e *M. javanica*, separados, por muda. Após 180 dias foi recuperada a população e determinado o fator de reprodução (FR) e o índice de reprodução (IR). Os dados obtidos foram analisados pelo programa Sistema de Análise Estatísticas de Ensaios Agronômicos (AgroEstat). Todas as nove cultivares avaliadas nesse estudo: Mantiqueira, Cascade, Nugget, Chinook, Columbus, Victoria, Bullion, Mapuche e Yakima Gold, permitiram o parasitismo, multiplicação e foram suscetíveis a *M. incognita* e *M. javanica*, conforme pode ser constatado com a avaliação do fator de reprodução (FR). A cultivar Mantiqueira, apresentou o maior FR para *M. incognita* e *M. javanica*, e foi utilizada para determinar o índice de reprodução (IR). Além disso, essa cultivar juntamente com Nugget, Columbus, Chinook, Yakima Gold e Bullion foram classificadas como suscetíveis para *M. incognita*, enquanto Mapuche e Victoria foram consideradas levemente resistentes, e Cascade como moderadamente resistente, pelo IR. Quanto a *M. javanica*, Mantiqueira, Bullion, Columbus, Victoria, Nugget e Chinook foram classificadas como suscetíveis. Por outro lado, Mapuche, Cascade e Yakima Gold foram consideradas levemente resistentes.

Palavras-chave: Nematoides de galha; Resistência; *Humulus lupulus*; Fator de reprodução (FR); Índice de reprodução (IR).

Susceptibility or Resistance *Lupulus* cultivar to *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita*.

ABSTRACT

Hops (*Humulus lupulus* L.) is a perennial plant from the Cannabaceae family, whose female flowers contain the primary components used in beer production. However, concerns have arisen due to the presence of root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*) parasitizing hops, compromising root and plant development. The objective of this study was to evaluate the susceptibility or resistance of hop cultivars to *Meloidogyne javanica* and *Meloidogyne incognita*. The experiment was conducted in a completely randomized design, involving nine hop cultivars (Mantiqueira, Cascade, Nugget, Chinook, Columbus, Victoria, Bullion, Mapuche, and Yakima Gold), with six repetitions, each inoculated with each nematode species. The experiment was conducted in 5 L pots filled with a substrate composed of sand, soil, and aged cattle manure (4:1:1), autoclaved. Two thousand eggs and second-stage juveniles of *M. incognita* and *M. javanica* were inoculated separately for each seedling. After 180 days, the population was recovered, and the reproduction factor (RF) and reproduction index (RI) were determined. The data obtained were analyzed using the AgroEstat statistical analysis system. All nine cultivars evaluated in this study, namely Mantiqueira, Cascade, Nugget, Chinook, Columbus, Victoria, Bullion, Mapuche, and Yakima Gold, allowed for parasitism, multiplication, and were susceptible to both *M. incognita* and *M. javanica*, as evidenced by the assessment of the reproduction factor (RF). The Mantiqueira cultivar exhibited the highest RF for *M. incognita* and *M. javanica* and was used to determine the reproduction index (RI). Additionally, this cultivar, along with Nugget, Columbus, Chinook, Yakima Gold, and Bullion, were classified as susceptible to *M. incognita*, while Mapuche and Victoria were considered slightly resistant, and Cascade moderately resistant, as determined by the RI. As for *M. javanica*, Mantiqueira, Bullion, Columbus, Victoria, Nugget, and Chinook were classified as susceptible. On the other hand, Mapuche, Cascade, and Yakima Gold were considered slightly resistant.

Keywords: Root-knot nematodes; Resistance; *Humulus lupulus*; Reproduction factor (RF); Reproduction index (RI)

1. INTRODUÇÃO

O Lúpulo (*Humulus lupulus*.) é uma planta perene, herbácea, trepadeira pertencente à família Cannabaceae, trepadeira natural de zonas temperadas do hemisfério norte (SOUSA, 2005), é amplamente conhecida por suas flores femininas, chamadas cones de Lúpulo, que são usadas na produção de cerveja.

Suas flores, chamadas de “cones” são ricos em resinas, α -ácidos, polifenóis e óleos essenciais, substâncias que, quando adicionada ao malte, água e leveduras, é responsável pelo aroma e pelo amargor da cerveja (MAGADÁN et al., 2011; PERAGINE., 2011; CATTOOR et al., 2013).

Existem muitas variedades de Lúpulo, cada uma com características únicas de sabor e aroma, o que permite aos cervejeiros artesanais e comerciais criar uma ampla gama de estilos de cerveja (FAGHERAZZI et al.; 2018).

A escolha da variedade de Lúpulo e o momento de sua adição durante o processo de fabricação da cerveja têm um impacto significativo no perfil de sabor da cerveja final (GUIMARÃES, EVARISTO e GHESTI; 2021). Desse modo, a produção de matérias-primas de alta qualidade, contribui significativamente para as qualidades organolépticas da bebida (LAFONTAINE et al., 2019).

Estados Unidos e a Alemanha são os dois maiores produtores de Lúpulo, sendo produzidas 51.086 e 43.872 toneladas anualmente, respectivamente (IHGC, 2022). O Brasil enfrenta um desafio com sua produção limitada de lúpulo, que não consegue suprir adequadamente as necessidades da indústria cervejeira. Para atender a essa crescente demanda, nos últimos anos, os produtores nacionais começaram a cultivar lúpulo em território brasileiro. Isso ocorre porque a indústria de cerveja depende quase exclusivamente de

importações para obter essa matéria-prima crucial. Conforme dados extraídos da plataforma Comex Stat, do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC), em 2020, o Brasil importou impressionantes 3.243 mil toneladas desse insumo, resultando em um gasto equivalente a US\$ 57 milhões.

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja no mundo com 16,1 bilhões de litros produzidos no ano de 2021 (CARVALHO et al., 2022 e IBGE, 2022). Esse volume de cerveja requer grandes quantidades de insumo e o Brasil importa essa matéria prima com o objetivo de atender a demanda do país (BERBERT, 2017).

O cultivo do Lúpulo no Brasil busca satisfazer as necessidades de consumo da indústria cervejeira do país. Em 2021, produziu cerca de 12 toneladas de acordo com dados fornecidos pela Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo (APROLÚPULO., 2022).

A cultura do Lúpulo é sensível a um vasto conjunto de pragas e doenças que podem comprometer a produção e inviabilizar o desenvolvimento das plantas (SOUSA, 2005). Entre os agentes fitopatogênicos que foram documentados afetando essa cultura, destacam-se os nematoides de galha, especificamente *M. javanica* e *M. incognita* (NASCIMENTO et al., 2020; GONSAGA et al., 2021).

Esses nematoides parasitam o sistema radicular, comprometendo o crescimento vegetativo e reprodutivo, resultando na diminuição da qualidade, quantidade das flores e frutos (GUZMÁN-PIEDRAHITA et al., 2012).

Além de causarem danos diretos nas raízes, os nematoides podem atuar como agentes facilitadores para entrada de outros patógenos, prejudicando o desenvolvimento da planta (LOPES e COOLEN, 2016). Vale destacar que as espécies *M. javanica* e *M. incognita*, ocorrem em nível global causando prejuízos significativos em diversas culturas de importância econômica, principalmente em regiões de clima tropical (COYNE et al., 2012; SOARES e NASCIMENTO, 2021; SUBBOTIN et al., 2021).

Atualmente, existem poucos programas de criação de lúpulo no Brasil, sendo um deles localizado em Jaboticabal (TIENGO, 2019), onde *M. incognita* foi relatado a presença desses nematoides em raízes de Lúpulo, ocorrendo, inclusive, em alta infestações (GONSAGA et al., 2021). Entretanto, ainda existem poucos trabalhos que evidenciem a interação de diferentes cultivares de Lúpulos aos nematoides de galha, dificultando a identificação e o manejo adequado. Considerando que a resistência genética é uma das principais e mais eficientes práticas no controle de nematoides de importância econômica, o trabalho teve como objetivo avaliar a suscetibilidade ou resistência de cultivares de Lúpulo a *M. javanica* e *M. incognita*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em casa de vegetação, do LabNema (Laboratório de Nematologia), Departamento de Ciências da Produção Agrícola - Fitossanidade, na Unesp/FCAV, Câmpus de Jaboticabal – SP. O local tem a altitude de 614 m, latitude S 21° 14' 05" e longitude O 48° 17' 09. O clima é classificado segundo Köppen-Geiger do tipo Aw. As plantas foram cultivadas em

vasos, com a média das temperaturas de 24,0°C, sendo a máxima de 32,7°C e a mínima 19,1°C, respectivamente durante os meses de Dezembro de 2019 e julho de 2020.

2.2. Delineamento experimental e obtenção das mudas de Lúpulo

O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado, com nove cultivares de Lúpulo (Mantiqueira, Cascade, Nugget, Chinook, Columbus, Victoria, Bullion, Mapuche e Yakima Gold), seis repetições e inoculadas com cada espécie de nematoide.

Os ensaios foram conduzidos com seis repetições para cada cultivar e espécie de nematoide. Foi utilizado um vaso de cinco litros com uma planta, sendo assim, analisou-se um total de 108 plantas de Lúpulo. Como padrão de suscetibilidade, para aferir a viabilidade do inóculo, as condições experimentais e ambientais, foram utilizadas Quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) cultivar Clemson Spineless e tomateiro (*Solanum lycopersicum*), cultivar Santa Cruz Kada, para *M. incognita* e *M. javanica*.

As mudas foram obtidas por meio de material adquirido junto ao setor de Olericultura, Plantas Aromáticas e Medicinais, do Departamento de Ciências da Produção Agrícola, da Unesp/FCAV, câmpus de Jaboticabal, SP. Desse modo, utilizou-se estacas fornecidas a partir da segunda quinzena de novembro, época de maior emissão de brotos viáveis devido as altas temperaturas. Vale ressaltar que as mudas produzidas por esse método, são plantas semelhantes clones à planta matriz, preservando com isso todas as características da cultivar e propiciando a formação de plantas uniformes.

As estacas, retiradas de plantas matrizes de cada cultivar foram plantadas em bandeja sementeira com cem células, preenchidas com substrato composto por turfa. As bandejas foram acomodadas em estufa de nebulização durante quinze dias para acelerar o enraizamento. Após esse período o material foi transferido para casa de vegetação no LabNema, onde permaneceu por mais quinze dias. Em seguida, as mudas já formadas foram transferidas para os vasos de plástico, de cinco litros, com substrato composto por areia, solo e esterco bovino curtido (4:1:1), autoclavado por duas horas, em temperatura de $\pm 120\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pressão de $\pm 1,0\text{ kgf.cm}^{-2}$, para reduzir ao máximo a população microbiana.

2.3. Preparação do inóculo das espécies de nematoides

Para a obtenção do inóculo, utilizou-se uma subpopulação de *M. incognita*, raça 3, recuperada de raízes de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), procedente de Barreiras – BA, e uma subpopulação de *M. javanica*, recuperada de raízes de quiabeiro, procedente de Piacatu – SP. As subpopulações foram previamente multiplicadas em tomateiro cultivar ‘Santa Cruz Kada’, em casa de vegetação.

As espécies de nematoides de galha foram identificadas por meio da análise dos caracteres morfológicos do padrão perineal, preparado conforme Taylor e Netscher (1974), na morfologia da região labial dos machos (EISENBACK et al., 1981), utilizando um microscópio óptico e no fenótipo iso-enzimático para esterase, obtido pela técnica de Esbenshade e Triantaphyllou (1990), utilizando-se de um sistema tradicional de eletroforese vertical Mini Protean II da BIO-RAD.

2.4. Instalação e condução do experimento

Quinze dias após o transplante, cada muda foi inoculada com 2.000 ovos e juvenis (J2) de *M. javanica* e *M. incognita*, em vasos separados. Os ensaios foram conduzidos durante seis meses e as plantas receberam todos os tratamentos culturais (irrigação e adubação) conforme as recomendações exigidas pela cultura (FEGHERAZZI, et al. 2018). Ao completar 180 dias desde a inoculação, foram coletados o sistema radicular e a parte aérea de cada planta. Todo o material foi colocado em sacos plásticos, identificados e armazenados em câmara fria para a extração dos nematoides presentes nas raízes.

O procedimento de extração de nematoides consistiu inicialmente com a lavagem das raízes seguida da trituração com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% (HUSSEY e BARKER, 1973), seguida da utilização do método da flotação centrífuga em solução de sacarose (COOLEN e D'HERDE, 1972). Em seguida, a suspensão foi mantida em tubos de ensaio, em seguida foi realizada a estimativa da população de nematoides com o auxílio da câmara de contagem de Peters ao microscópio fotônico (SOUTHEY, 1970).

2.5. Avaliação da suscetibilidade ou resistência

Foi determinado o fator de reprodução (FR) das espécies de nematoides, em cada cultivar, considerando-se a razão entre a população final extraída e população inicial inoculada. Cultivares com $FR < 1$ foram consideradas resistentes (R), enquanto aquelas que apresentaram $FR \geq 1$ foram classificadas como suscetíveis (OOSTENBRINK, 1966).

$$FR = \frac{\text{População Final (PF)}}{\text{População Inicial (PI)}}$$

Equação 1.

Como análise complementar ao FR, foi realizado o cálculo do Índice de Reprodução (IR). A determinação desse índice é dada pela razão da população final na cultivar avaliada e a população final da cultivar que mais multiplicou, multiplicado por 100, conforme metodologia proposta por Taylor (1967). As cultivares são classificadas de acordo com os índices apresentados na Tabela 1.

$$IR = \frac{\text{População final da cultivar avaliada}}{\text{População final de cultivar que mais multiplicou}} \times 100$$

Equação 2.

Tabela 1. Classificação do índice de reprodução (IR) para nematoides de galha, *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* (TAYLOR, 1967).

Classificação do Índice de Reprodução (IR)	
% de reprodução	Classificação
IR > 50%	Suscetível (S)
IR < 50% e > 26%	Levemente resistente (LR)
IR < 25% e > 11%	Moderadamente resistente (MoR)
IR < 10% e > 1%	Muito resistente (MR)
IR < 1%	Altamente resistente (AR)
IR = 0	Imunes (I)

2.6. Análise de dados

Os dados obtidos do número total de ovos e juvenis (NTOJ) por g de raízes foram tabelados e verificados quantos a sua normalidade. Em seguida, transformados usando $\sqrt{x + 0,5}$. Após a transformação, os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativa, as médias foram comparadas pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. As análises foram

realizadas com o auxílio do software AgroEstat (BARBOSA e MALDONADO, 2015).

3. RESULTADOS

As cultivares Mantiqueira, Bullion, Columbus, Cascade, Nugget, Victoria, Mapuche e Yakima Gold, estatisticamente são semelhantes, apresentaram as maiores médias na de ovos e juvenis de segundo estágio de *M. incognita*. Por outro lado, a cultivar Chinook, diferiu significativamente das cultivares mencionadas anteriormente, por proporcionar a menor média e multiplicou menos, conforme pode ser observado nos resultados da Tabela 2.

Tabela 2. Médias do número total de ovos e juvenis de segundo estágio (NTOJ2) de *Meloidogyne incognita* obtidas em cultivares de Lúpulo, fator de reprodução (FR), índice de reprodução (IR) e suas respectivas reações (R). Unesp/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, 2023.

Cultivar	NTOJ2	FR	R	%IR	R
Mantiqueira	21723 a	10,86	S	100	S
Bullion	13364 a	6,68	S	62	S
Columbus	11842 a	5,92	S	55	S
Cascade	11319 a	5,66	S	52	S
Yakima Gold	11209 a	5,60	S	52	S
Nugget	11261 a	5,63	S	52	S
Victoria	10444 a	5,22	S	48	LR
Mapuche	9371 a	4,69	S	43	LR
Chinook	4373 b	2,19	S	20	Mor
Teste F	3,36**				
P	0,0042				
CV (%)	26,52				

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. **Significativo a 1% de probabilidade.

S = Suscetível, LR = Levemente resistente e Mor = Moderadamente resistente (Taylor, 1967). A cultivar Mantiqueira apresentou o maior FR, foi utilizada para determinar o índice de reprodução de *M. incognita*.

O FR para *M. incognita* variou de 2,19 a 10,86, sendo $\geq 1,0$, observado para Chinook e Mantiqueira, com o menor e maior FR, respectivamente. Desse

modo, todas as cultivares apresentaram suscetibilidade, uma vez que ocorreu a infecção, parasitismo e multiplicação nas raízes, da referida espécie (Tabela 2).

Considerando que todas as cultivares foram suscetíveis à *M. incognita* e *M. javanica*, segundo análise do FR, determinou-se o IR como informação complementar a esse fator. Nesta análise iremos utilizar como base os critérios apresentados na Tabela 1.

O maior índice de reprodução foi apresentado pela cultivar Mantiqueira, classificada como suscetível para as duas espécies sendo utilizada como cultivar padrão para determinar o IR.

Destaca-se que as cultivares Mantiqueira, Bullion, Columbus, Cascade e Yakima Gold e Nugget apresentaram valores de IR de 100, 62, 55 e 52%, respectivamente, sendo classificadas como susceptível ($IR \geq 51\%$), enquanto as cultivares Victoria e Mapuche, apresentaram valores de IR de 48 e 43%, respectivamente, sendo classificadas como levemente resistente ($IR = 26$ a 50%). Por outro lado, a cultivar Chinook foi classificada como moderadamente resistente ($IR = 11$ a 25%), apresentando um valor de IR de 20%.

Para o número total de ovos e juvenis de *M. javanica* não houve diferenças estatísticas entre as cultivares estudadas (Tabela 3). O valor do FR variou de 1,89 a 6,22, observados para a Yakima Gold e a Mantiqueira, com o menor e a maior médias, respectivamente. Todas as cultivares multiplicaram a referida espécie e foram classificadas como suscetíveis (Tabela 3).

Para constatação da viabilidade da população inoculada foi utilizado como padrão de suscetibilidade plantas de quiabeiro 'Santa Cruz 47'. Os resultados obtidos neste trabalho, demonstram a viabilidade da população de nematoides

em que o FR para o quiabeiro inoculado com *M.incognita* foi de 41,9. Grande parte dos estudos utilizam estas hortaliças ou algumas delas como padrão de suscetibilidade para validar inóculos de espécies de *Meloidogyne* (SILVA, 2004; CAMPOS, 2006).

Tabela 3. Médias do número total de ovos e juvenis de segundo estágio (NTOJ2) de *Meloidogyne javanica* obtidas em cultivares de Lúpulo, fator de reprodução (FR), índice de reprodução (IR) e suas respectivas reações (R). Unesp/FCAV, Câmpus de Jaboticabal, 2023.

Cultivar	NTOJ2*	FR	R	%IR	R
Mantiqueira	12446 a	6,22	S	100	S
Bullion	13171 a	5,51	S	82	S
Columbus	11025 a	5,09	S	89	S
Victoria	7980 a	3,99	S	64	S
Nugget	7460 a	3,73	S	60	S
Chinook	7352 a	3,68	S	59	S
Mapuche	6018 a	3,01	S	48	LR
Cascade	5320 a	2,66	S	43	LR
Yakima Gold	3789 a	1,89	S	30	LR
Teste F	1,94 ^{NS}				
P	0,0778				
CV (%)	33,99				

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

S = Suscetível, LR = Levemente resistente (Taylor, 1967). A cultivar Mantiqueira apresentou o maior FR, foi utilizada para determinar o índice de reprodução de *M. javanica*.

O FR para *M. javanica* variou de 1,89 a 6,22, sendo $\geq 1,0$, observado para Yakima Gold e Mantiqueira, com o menor e maior FR, respectivamente. Desse modo, todas as cultivares apresentaram suscetibilidade, uma vez que ocorreu a infecção, parasitismo e multiplicação nas raízes, da referida espécie (Tabela 3).

Considerando que todas as cultivares foram suscetíveis à *M. incognita* e *M. javanica*, segundo análise do FR, determinou-se o IR como informação complementar a esse fator (Tabela 1).

O maior índice de reprodução foi apresentado pela cultivar Mantiqueira, classificada como suscetível para as duas espécies sendo utilizada como cultivar padrão para determinar o IR.

Destaca-se que as cultivares Mantiqueira, Bullion, Columbus, Victória Argentino, Nugget e Chinook que apresentaram valores de IR de 100, 82, 89, 64, 60 e 59%, respectivamente, sendo classificadas como susceptível ($IR \geq 51\%$), enquanto as cultivares Mapuche, Cascade e Yakima Gold apresentaram valores de IR de 48, 43 e 30%, respectivamente, sendo classificadas como levemente resistente ($IR = 26$ a 50%).

Os resultados obtidos neste trabalho, demonstram a viabilidade da população de nematoides em que o FR para o quiabeiro inoculado com *M.javanica* foi de 26,2

Todas as cultivares avaliadas apresentaram maior FR para *M. incognita* em relação a *M. javanica*, exceto para a Chinook que foi o inverso (Figura 1).

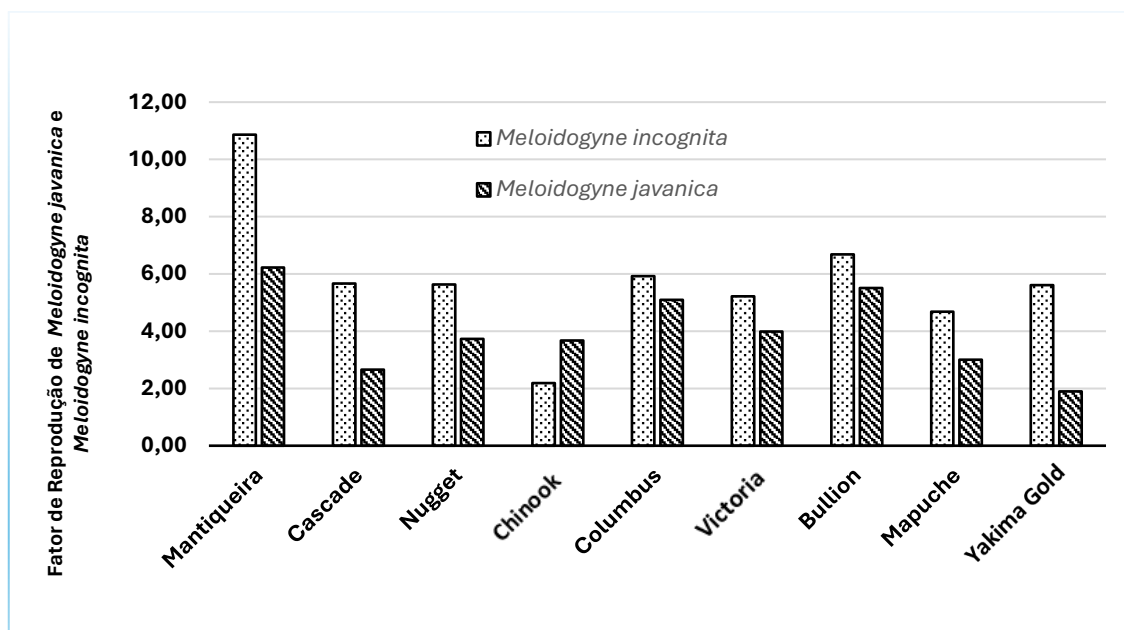


Figura 1 Comparação das médias do Fator de reprodução (FR) de *M. incognita* (Mi) e *M. javanica* (Mj) em cultivares de Lúpulo.

Observou-se que a maioria das cultivares estudadas são mais suscetíveis a *M. javanica*, do que *M. incognita*. Todavia, as cultivares Yakima Gold e Cascade apresentaram resultados discrepantes a este padrão (Figura 2);

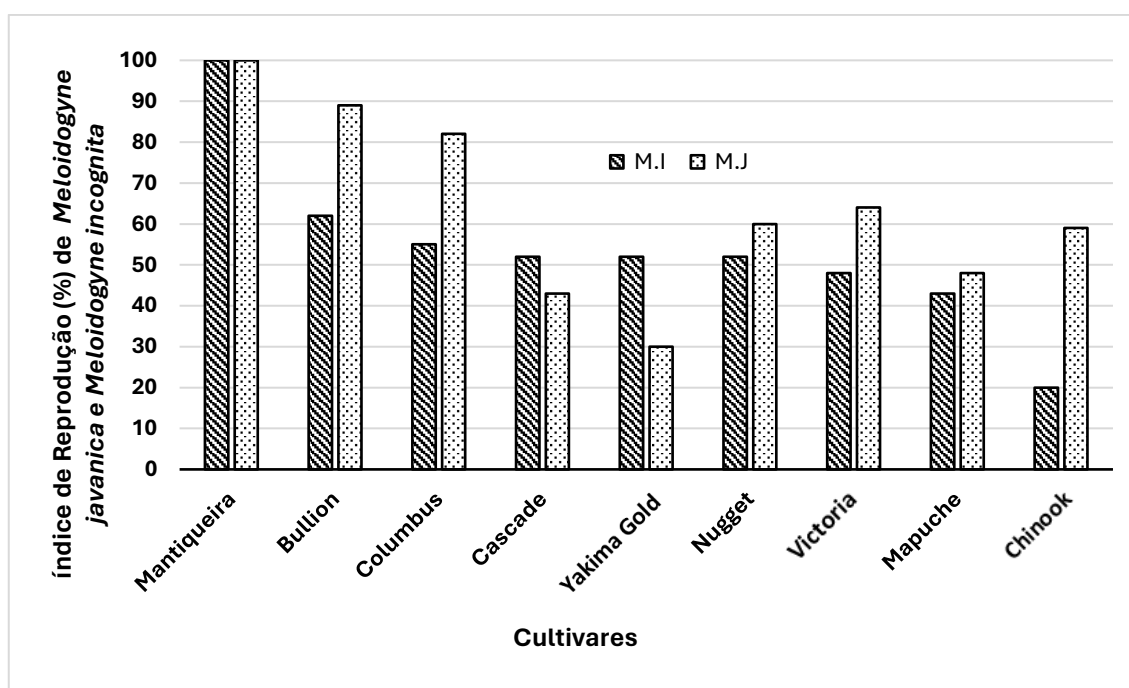


Figura 2. Média do índice de reprodução de *Meloidogyne incognita* em cultivares de Lúpulo em relação a cultivar Mantiqueira.

Quando foram comparadas as médias do número de nematoides por grama de raízes, observou-se maiores médias para *M. incognita* em relação a *M. javanica*, para a maioria das cultivares avaliadas, exceto para Columbus, que multiplicou mais *M. javanica* (Figura 3).

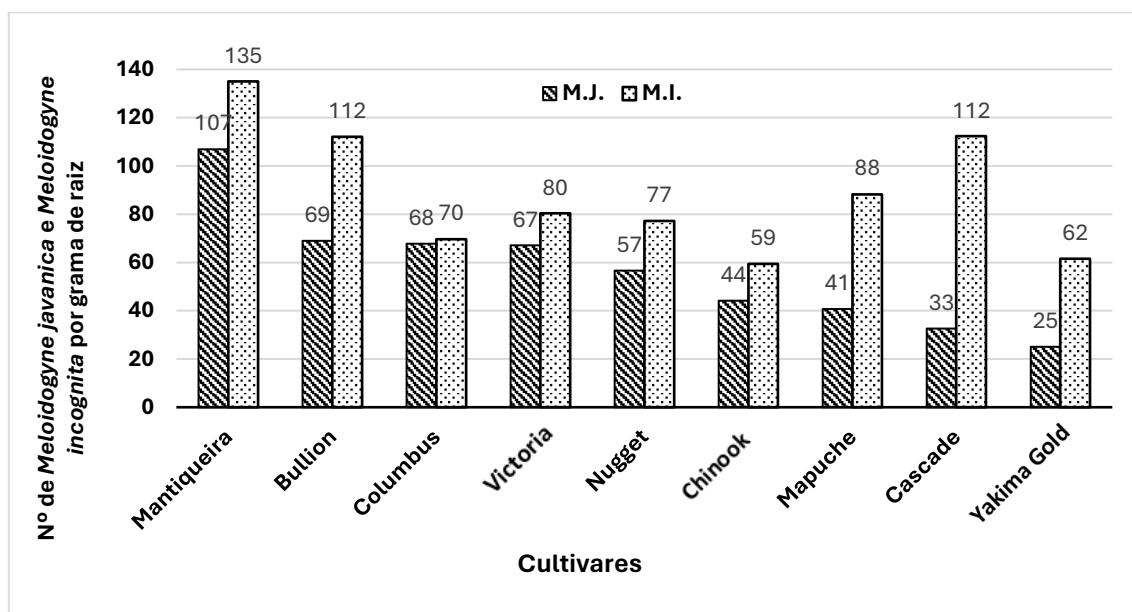


Figura 3. Comparação das médias do número de nematoides/g de raízes de *M. incognita* e *M. javanica* em cultivares de Lúpulo.

Ao se estimar a população de *M. javanica* por grama de raízes, notou-se que, a cultivar com maior FR, Mantiqueira e Yakima Gold, apresentaram a maior e a menor média de 107 e 25 Indivíduos/g de raízes, respectivamente, enquanto para a população de *M. incognita*, notou-se que, a cultivar com maior FR, Mantiqueira e Chimmok, apresentaram a maior e a menor média de 135 e 59 Indivíduos/g de raízes respectivamente (Figura 3).

4. DISCUSSÃO

Foram documentados casos em que espécies de *Meloidogyne*, causou prejuízos à cultura de Lúpulo na Flórida, nos Estados Unidos (BRITO et al., 2018), bem como em São Paulo, no Brasil (NASCIMENTO et al., 2020; GONSAGA et al., 2021). As principais espécies de nematoides de galha (*M. incognita* e *M. javanica*) são problemas nas principais culturas do Brasil, causando danos graves, perdas em várias culturas e regiões (FERRAZ e BROWN, 2016).

O fator de reprodução (FR) é o critério mais utilizado nas pesquisas, atualmente, para determinar se a espécie apresenta suscetibilidade ou resistência ao parasitismo dos nematoides (FERRAZ e BROWN, 2016). As cultivares estudadas: Mantiqueira; Cascade; Nugget; Chinook; Columbus; Victoria; Bullion; Mapuche e Yakima Gold, ao serem inoculadas com *M. javanica* e *M. incognita*, demonstraram-se cultivares multiplicadoras desses nematoides de galha, apresentaram o $FR \geq 1$, classificando-as como suscetíveis, segundo Oostenbrink (1966).

Esse resultado corrobora com o encontrado na literatura. As plantas de Lúpulo foram suscetíveis à *M. javanica* e *M. incognita* como demonstrado por Gonsaga et al. (2021) e Nascimento et al., (2020). A suscetibilidade das cultivares, leva a formação de galhas, vão comprometer a absorção de água e nutrientes pela planta, podendo refletir um subdesenvolvimento e deficiência nutricional (FREITAS et al., 2007).

Marchese et al. (2010), constataram que a seleção usando o fator de reprodução e índice de reprodução, apresentaram resultados semelhantes,

quando o objetivo for a classificação de cultivares resistentes ou suscetíveis. A cultivar Mantiqueira inoculada com *M. incognita* e *M. javanica*, se destacou por ser a cultivar com maior FR, servindo como base referencial para a determinação do índice de reprodução (TAYLOR, 1967). Com base no critério de IR, a classificação dos genótipos variou de suscetível (S) até moderadamente resistente (Mor), conforme dados das Tabelas 2 e 3, demonstrando que existe variabilidade genética entre as cultivares de Lúpulo avaliadas para ser explorada em programas de melhoramento.

Entre as 9 cultivares avaliadas, os menores IR de *M. incognita* foram observados para Victoria e Mapuche, com ligeira resistência e Chinook com moderada resistência. Enquanto, que para *M. javanica*, os menores IR foram apresentados por Mapuche, Cascade e Yakima Gold com ligeira resistência. Mapuche apresentou ligeira resistência para ambas as espécies de nematoides de galha. Estas são as melhores cultivares para serem utilizadas em áreas infestadas com estas espécies. Sendo fundamental, a amostragem bem representativa na área e a identificação da espécie presente, antes da escolha da cultivar a ser utilizada.

Esses resultados ressaltam a importância de investigações mais aprofundadas sobre o parasitismo de nematoides em Lúpulo. Ao entender melhor a relação entre nematoides e Lúpulo, é possível desenvolver estratégias de controle mais eficazes e até mesmo explorar possibilidades de melhoramento genético. Essa expansão de conhecimento fortaleceria a compreensão da cultura de Lúpulo, contribuindo para uma produção mais sustentável e rentável. (GONSAGA et al., 2021.)

No geral, a eficácia do controle de nematoides requer a combinação de diversas práticas disponíveis. Isso inclui o levantamento inicial da área por meio de amostragem e análises nematológicas, o manejo adequado do solo, a adoção de rotação de culturas com plantas resistentes ou não-hospedeiras, o uso de cultivares resistentes quando disponíveis, o uso de bionematicidas para o controle biológico, entre outras práticas. Essas abordagens visam principalmente a redução das populações de nematoides, uma vez que a erradicação completa da população se mostra difícil (GOULART, 2010; MONTEIRO, 2013; OLIVEIRA, 2016; SOARES e NASCIMENTO, 2021).

5. CONCLUSÕES

Todas as nove cultivares avaliadas nesse estudo: Mantiqueira, Cascade, Nugget, Chinook, Columbus, Victoria, Bullion, Mapuche e Yakima Gold, permitiram o parasitismo, multiplicação e foram suscetíveis a *M. incognita* e *M. javanica*. A cultivar Mantiqueira, apresentou o maior FR para *M. incognita* e *M. javanica*, e foi utilizada para determinar o índice de reprodução (IR). Além disso, essa cultivar juntamente com Nugget, Columbus, Chinook, Yakima Gold e Bullion foram classificadas como suscetíveis para *M. incognita*, enquanto Mapuche e Victoria foram consideradas levemente resistentes, e Cascade como moderadamente resistente, quanto a *M. javanica*, Mantiqueira, Bullion, Columbus, Victoria, Nugget e Chinook foram classificadas como suscetíveis. Por outro lado, Mapuche, Cascade e Yakima Gold foram consideradas levemente resistentes.

6. REFERÊNCIAS

- APROLÚPULO 2021. **Levantamento estatístico**. Disponível em: <https://aprolupulo.com.br/blog/levantamento-estatistico-aprolupulo-2021>. Acesso em: 18/07/2023
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **Experimentação Agronômica AgroEstat: Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos**. Jaboticabal: UNESP, 2015.
- BERBERT, S.; **Conheça a produção de Lúpulo brasileiro**. Globo Rural, 27 de fev. de 2017.
- BRITO, J. A., SUBOTINI, S. A., DESAEGER, J., ACHINELLY, M. F.; **First Report of the Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) Infecting Hops (*Humulus lupulus*) in Florida**, Journal of Nematology 50:343–4, 2018.
- CAMPOS, H. D.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A. **Efeito do tempo, substrato e temperatura na penetração de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne javanicae*, *Heterodera glycines* em soja**. Summa Phytopathologica, v. 32, n. 2, pp. 156-160, 2006.
- CATTOOR, K. et al.; **Metabolism of Hop-Derived Bitter Acids**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, [s.l.], v. 61, n. 33, p. 7.916-7.924, American Chemical Society (ACS), 2013.
- CARVALHO, N. B. et al. **Characterization of the consumer market and motivations for the consumption of craft beer**. British Food Journal, [s.l.], v. 120, n. 2, p. 378-391, fev. 2018.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 77p, 1972.
- COMEX, STAT. **Ministério da Indústria. Comércio Exterior e Serviços**. <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>, 2021. Acesso em: 01 nov. 2023.
- COYNE, D.L; KAGODA, F., MBIRU, E., **Rapid screening technique for assessing resistance to *Meloidogyne* spp. in cassava**. Nematologia mediterrânea. 111-117, 2012.
- EISENBACK, J. D. et al. **A guide to the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), with a pictorial key**. State University, Depto. of Plant Pathology, 1981.
- ESBENSHADE, P. R.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. **Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species**. Journal of Nematology, v. 22, n. 1, p. 10, 1990.

FAGHERAZZI, M. et al. **Análise de custo de implantação de Lúpulo na região do Planalto Sul Catarinense.** Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp, p. 721-730, 2018.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância.** Manaus: Norma Editora, v. 1, p. 251, 2016.

FREITAS, L. G.; NEVES, W. S.; OLIVEIRA, R. D. L. **Métodos em nematologia vegetal.** Métodos em fitopatologia. Viçosa, MG: UFV, cap.11, p. 253-291, 2007.

GONSAGA, R. F., Pollo, A. S., Nascimento, D. D., Ferreira, R. J., Braz, L. T., Soares, P. L. M. **First report of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, infecting hops, *Humulus lupulus*, in São Paulo, Brazil.** Journal of Nematology, 53, 2021.

GOULART, A.M.C., **Análise nematológica: importância e princípios gerais** – Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 45p. (Documentos / Embrapa Cerrados. 299:2176-5081, 2010 Disponível em: <https://nematologia.com.br/files/tematicos/28.pdf>.

GUIMARÃES, B.P.; EVARISTO, R. B. W.; GHESTI, G. F.; **Prospecção tecnológica do Lúpulo (*Humulus lupulus*) e suas aplicações com ênfase no mercado cervejeiro brasileiro.** Cadernos de Prospecção, v. 14, n. 3, p. 858-858, 2021.

GUZMÁN-PIEDRAHITA, O. A.; PÉREZ, L.; PATIÑO, A.; **Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*).** Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural, v. 16, n. 2, p. 149-161, 2012.

HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R.A.; **Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. Including a new technique.** Plant Disease Reporter, Washington.57:1025-1028, 1973.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Industrial Anual** – Produto, 2020. Disponível em: sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pia-produtos/quadros/brasil/2018. Acesso em: 01 ago. 2022.

IHGC – INTERNATIONAL HOP GROWERS' CONVENTION. (França). **Economic Commission: Summary Reports.** Paris: International Hop Growers' Convention, 55p. 2018 Disponível em: <http://www.hmelj-giz.si/ihgcdoc/2018%20MAY%20IHGC%20EC%20Reports.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2023.

JENKINS, W. R. B. et al.; **A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil.** Plant disease reporter, v. 48, n. 9, 1964.

LAFONTAINE, S. et al.; **Impact of harvest maturity on the aroma characteristics and chemistry of Cascade hops used for dry-hopping.** Food Chemistry, v. 278, p. 228–239, abr. 2019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814618319265>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

MAGADÁN, J. et al.; **Guia del cultivo del Lúpulo**, v. 13, 2011.

MARCHESE, A.; MALUF, W. R.; GONÇALVES NETO, A.C.; GONÇALVES, R. J. S.; GOMES, L. A. A.; **Seleção de clones de batata-doce resistentes a *Meloidogyne incognita* raça 1.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 45, n. 9, p. 997-1004, 2010.

MONTEIRO, T.S.A.; **Biological control of the rot-knot nematode *Meloidogyne javanica* and plant growth promotion by the fungus *Pochonia chlamydosporia* and *Duddingtonia flagrans*.** Dissertação (Mestrado em Etiologia; Epidemiologia; Controle) - Universidade Federal de Viçosa. 2013.

NASCIMENTO, D. D., GONSAGA, R. F., POLLO, A. S., SANTOS, L. S. M., FERREIRA, R. J., RODRIGUES, M., BRAZ, L. T. and Soares, P. L. M.; **First Report of Root-Knot Nematode, *Meloidogyne javanica*, Infecting *Humulus lupulus* in São Paulo, Brazil.** Plant Disease 104:2740; 2020.

OLIVEIRA, M. V. R.; **Crescimento do Lúpulo influenciado por calagem e fornecimento de fósforo.** Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Curso de Mestrado em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages 69 f. 2016.

OOSTENBRINK, M. M.; **characteristics of the relation between nematodes and plants.** In: Proceedings of the 8th International Symposium of nematology, Antibes, France. p. 8-14.1966.

PERAGINE, J. N.; **The Complete Guide to Growing Your Own Hops, Malts, and Brewing Herbs: Everything You Need to Know Explained Simply.** Atlantic Publishing Company, 2011.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P.; **Jornadas de Lúpulo e cerveja: novas oportunidades de negócio:** livro de atas. 2015.

RODRIGUES, M. A.; MORAIS, J. S.; CASTRO, J. P.; **O Lúpulo: Da cultura ao extrato. Técnica cultural tradicional.** Livro dos recordes das Jornadas do Lúpulo e da Cerveja: novas oportunidades de negócios , p. 1-10, 2015.

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; INOMOTO, M. M.; ASMUS, G. L. **Distribuição, dinâmica populacional e danos provocados por *Meloidogyne***

***incognita*, *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus* na cultura do algodoeiro no estado do Mato Grosso.** UNIVAG Centro Universitário, Várzea Grande, MT, 40p, 2004.

SOARES, P.L.M.; Nascimento, D.D., **Integrated Nematode Management of Root Lesion and Root-Knot Nematodes in Soybean in Brazil** in: Integrated Nematode Management: State-of-the-art and visions for the future. Wallingford UK: CABI, p. 103-110; 2021

SOUSA, M. J. A. C.; **Obtenção de plantas de *Humulus lupulus* resistentes a vírus.** Tese (Doutorado em Biotecnologia Vegetal. Universidade de Lisboa. Lisboa 2005.

SOUTHEY, J.F.; **Laboratory for work with plant and soil nematodes.** 5 ed. London: Minist. Agric. Fisch. Fd., 148 p. 1970.

SUBBOTIN, S. A.; PALOMARES R., J. E.; CASTILLO, P., **Systematics of Root-knot Nematodes (Nematoda: *Meloidogynidae*), Leiden, The Netherlands:** Brill. Available From: Brill, 2021.

OOSTENBRINK, M.; **Major characteristics of the relation between nematodes and plants.** Mededelingen, Van De Landbouwhogeschool. 66:1-46. 1966.

TAYLOR, D. P.; NETSCHER, C.; **An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne spp.*** *Nematologica*, v. 20, n. 2, p. 268-269, 1974.

TIENGO, R.; **Unesp de Jaboticabal testa melhoramento genético em busca de Lúpulo brasileiro, G1 – Ribeirão e Franca,** available at: <https://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/estacao-agro/noticia/2019/02/05/unesp-de-jaboticabal-testamelhoramento-genetico-em-busca-de-lupulo-brasileiro.Ghtml>, 2019.