

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação – PPG
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada – PPGHI

MAURÍCIO MOISÉS PEREIRA DA SILVA

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ACESSOS DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.)
VISANDO A IDENTIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA
AO NEMATOIDE (*Meloidogyne enterolobii*)**

JUAZEIRO-BA

2022

Universidade do Estado da Bahia – UNEB
Pró-Reitoria de Pesquisa e Ensino de Pós-Graduação – PPG
Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS
Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada – PPGHI

MAURÍCIO MOISÉS PEREIRA DA SILVA

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ACESSOS DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.)
VISANDO A IDENTIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA
AO NEMATOIDE (*Meloidogyne enterolobii*)**

Dissertação apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia: Horticultura Irrigada da Universidade do Estado da Bahia (PPGHI - UNEB/DTCS), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Horticultura Irrigada.

Orientador: Manoel Abilio de Queiróz

JUAZEIRO-BA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
por Regivaldo José da Silva/CRB-5-1169

S586p Silva, Maurício Moisés Pereira da

Propagação vegetativa de acessos de goiabeira (*Psidium guajava* L.) visando à identificação e manutenção de fontes de resistência ao nematoide (*Meloidogyne enterolobii*) / Maurício Moisés Pereira da Silva. Juazeiro-BA, 2022. 53 fls.: il.

Orientador (a): Prof. Dr. Manoel Abilio de Queiróz.

Inclui Referências

Dissertação (Mestrado Acadêmico) – Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. Programa de Pós-Graduação em Horticultura Irrigada - PPGHI, Campus III. 2022.

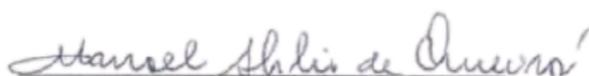
1. Variabilidade genética – Cultura da goiaba. 2. Cultivo da goiaba – cv. Paluma. 3. Fator de reprodução – Nematóide. 4. Miniestaquia – Propagação vegetativa. 5. Declínio da goiabeira. I. Queiróz, Manoel Abilio de. II. Universidade do Estado da Bahia. Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais – DTCS. III. Título.

CDD: 634.421

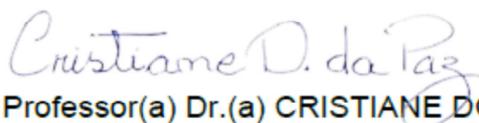
FOLHA DE APROVAÇÃO
"PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ACESSOS DE GOIABEIRA (PSIDIUM GUAJAVA L.)
VISANDO A IDENTIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA AO
NEMATOIDE (MELOIDOGYNE ENTEROLOBII)"

MAURICIO MOISÉS PEREIRA DA SILVA

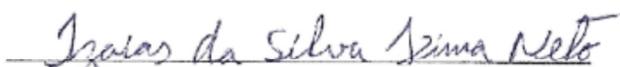
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Horticultura Irrigada – PPHI, em 30 de maio de 2022, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agronomia: Horticultura Irrigada pela Universidade do Estado da Bahia, conforme avaliação da Banca Examinadora:



Professor(a) Dr.(a) MANOEL ABILIO DE QUEIROZ
UNEB
Doutorado em Genetics and Plant Breeding
University Of Cambridge



Professor(a) Dr.(a) CRISTIANE DOMINGOS DA PAZ
UNEB
Doutorado em Plant Pathology
Auburn University



Professor(a) Dr.(a) IZAIAS DA SILVA LIMA NETO
Univasf - UNIVASF
Doutorado em Fitotecnia
Universidade Federal de Viçosa

*Dedico à minha esposa, Ana Karla Silva,
companheira de todas as horas (de sol ou de tempestades) e que,
ao longo destes tantos anos, cumpre o seu papel de ser a minha אִשָּׁה
אֵזֶר (ēzer), desbravando e descobrindo comigo os caminhos
da
superação com muito amor, sabedoria, paciência e compreensão.*

AGRADECIMENTOS

A Deus: "Eu te bendigo, Pai, Senhor do céu e da terra [...] Sim, Pai, eu te bendigo, porque assim foi do teu agrado." (Mt.11, 25a, 26) "O que é fraco no mundo, Deus o escolheu para confundir os fortes." (I Cor. 1, 27b). Com essas palavras das Sagradas Escrituras Vos louvo e agradeço por todas as suas maravilhas – o que os meus olhos viram, ouviram e minhas mãos tocaram.

Ao professor Manoel Abilio de Queiróz pela orientação, paternidade acadêmica, disponibilidade e por colocar tanto amor na brilhante arte de ensinar.

Aos meus pais, Juraci Sousa e Silva e Maria Elizabet Pereira da Silva (*in memoriam*).

Aos meus filhos, Virgínia Gabriela e João Antônio – duas vidas que sempre me impulsionam a seguir lutando e onde encontro o verdadeiro sentido do que é amar.

A Virgem Maria, bússola para toda a jornada, e ao seu castíssimo esposo – São José, meu amigo providente.

Ao INCRA, pela concessão de afastamento e licença capacitação e à Sociedade Brasileira que desde a minha infância custeou os meus estudos.

A Milena Coutinho e a Patrícia Oliveira – grandes suportes – que muito me ensinaram sobre ciência, mas também sobre a amizade verdadeira, a oferta de vida e o dom de si.

Ao meu irmão Cassiano pelo incentivo.

À amiga Jaciara Bispo que me estimulou a voltar a estudar.

A todos os amigos, irmãos da Comunidade Católica Shalom e aos colegas de turma que contribuíram comigo durante todo o curso, com incentivo e paciência.

Aos docentes do PPGHI que não mediram esforços, mesmo em meio aos desafios da pandemia, para contribuir com a transmissão de seus conhecimentos, pois se lançaram no mar agitado e ainda pouco conhecido da tecnologia, para que os nossos estudos não fossem prejudicados.

À Universidade do Estado da Bahia (UNEB), Campus III, minha casa desde a graduação, pela acolhida e por disponibilizar sua infraestrutura para a realização dos trabalhos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 A GOIABEIRA	15
2.2 PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DA GOIABEIRA	16
2.3 RESISTÊNCIA E MELHORAMENTO DE PLANTAS	17
2.4 PROPAGAÇÃO DA GOIABEIRA	19
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 EXPERIMENTO 1: Propagação vegetativa por miniestacas oriundas de mudas inoculadas com <i>M. enterolobii</i>	21
3.1.1 FORMAÇÃO DO MINIJARDIM CLONAL.....	26
EXPERIMENTO 2: Produção de mudas de goiabeira por miniestacas de plantas propagadas vegetativamente e inoculação com nematoides visando a confirmação da resistência	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
EXPERIMENTO 1	30
EXPERIMENTO 2	36
5 CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** - Mudas matrizes das miniestacas (A e B); Miniestaca preparada com um par de folhas dividido ao meio (C); Miniestacas plantadas em copos com substratos, identificadas e distribuídas na bancada (D). Fotos do autor: acervo pessoal..... 22
- Figura 2** - Enraizamento de miniestaca visto através do copo (A), Brotações iniciais (B), muda enraizada e com dois brotos sendo repicada (C), Mudas transplantadas em recipientes transparentes de garrafas pet (D) Fotos do autor: acervo pessoal. 24
- Figura 3** - Representação esquemática obedecida na propagação vegetativa por miniestaquia dos genótipos de goiabeira com indicação de resistência ou padrão de suscetibilidade 26
- Figura 4** - Coleta de raízes de goiabeira parasitadas por *M. enterolobii* (A), Lavagem das raízes para a extração (B), Raiz coletada com muitas galhas, massas de ovos e com regiões deterioradas (C), Inoculação de muda de goiabeira (D) Fotos do autor: acervo pessoal. 28
- Figura 5** - Enraizamento e brotações das miniestacas aos 30 e 60 dias (Frequências absoluta - Fi e relativa - Fri expressa em %)..... 33
- Figura 6** - Notas de enraizamento (A) e brotações (B) de miniestacas de goiabeira aos 60 DAP. 35
- Figura 7** - Padrão de enraizamento das mudas de goiabeira para as notas de 2 a 5. Fotos do autor: acervo pessoal. 36
- Figura 8** - Minicepas antes da coleta de miniestacas (A), Distribuição de miniestacas na bancada (B), Enraizamento de miniestacas de 2º cultivo aos 23 DAP (C), Mudas após repicagem para sacos (D) Fotos do autor: acervo pessoal. 37
- Figura 9** - Aspecto fitossanitário de muda na inoculação (A), Plantas distribuídas sobre blocos cerâmicos (B), Planta apresentando clorose (C), Pequenas galhas e necrose de raízes (D) Fotos do autor: acervo pessoal. 38
- Figura 10** - Diagrama de dispersão correlacionando as variáveis MFR e MFPA das goiabeiras avaliadas. 40
- Figura 11** - Soma da população final ($Pf = \text{ovos} + J2$) por tratamento avaliado - dados biológicos..... 43
- Figura 12** - Boxplots das médias do fator de reprodução das seis repetições ($FR=PF/PI$) por tratamento. 44
- Figura 13** - Valores das médias de seis repetições da população final de *Meloidogyne enterolobii* (PF) x Massa fresca total da planta (MFTP) de cada genótipo de goiabeira 45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Acessos de <i>P. guajava</i> L. do Banco de Germoplasma da UNEB que forneceram material vegetativo para propagação.	23
Tabela 2. Reação dos acessos de goiabeira (<i>P. guajava</i> L.) de origem seminífera selecionados, cultivados em casa de vegetação na EMBRAPA Semiárido, avaliados aos 135 dias após inoculação de 4000 ovos + J2/planta de <i>M. enterolobii</i>	25
Tabela 3. Classificação qualitativa da resistência de hospedeiras, segundo percentual de redução do fator reprodução de <i>Meloidogyne</i> spp. em relação ao padrão de suscetibilidade	30
Tabela 4. Potencial de produção de miniestacas dos acessos/progênes avaliados em comparação ao número real de propágulos fornecidos.....	31
Tabela 5. Associação das variáveis enraizamento e brotação das mudas de goiabeira aos 30 e 60 DAP (dias após o início da propagação) para o teste qui-quadrado.	34
Tabela 6. Número de brotos (NB), altura de parte aérea em cm (APA) e número de internódios no maior broto (NI) das plantas aos 21 dias anteriores à inoculação (médias por acesso).	37
Tabela 7. Médias de parâmetros biométricos mensurados aos 135 dias após a inoculação.	39
Tabela 8. Reação ao <i>M. enterolobii</i> dos genótipos de goiabeira (<i>P. guajava</i> L.) propagados por miniestaquia, avaliados aos 135 DAI com 1.800 ovos +J2/planta em casa de vegetação, onde $FR = PF/1800$	42

**PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE ACESSOS DE GOIABEIRA (*Psidium guajava* L.)
VISANDO A IDENTIFICAÇÃO E MANUTENÇÃO DE FONTES DE RESISTÊNCIA
AO NEMATOIDE (*Meloidogyne enterolobii*)**

RESUMO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é a mais importante espécie frutífera da família Myrtaceae. Originária da América Tropical, tem grande relevância para o Brasil. A maioria dos pomares comerciais de goiabeira eram formados por mudas obtidas por sementes e resultavam em lavouras com grande variabilidade genética. Por isso, a propagação vegetativa por meio de estaquia herbácea sob câmara de nebulização substituiu o antigo método, passando a ser amplamente utilizada. O surgimento do declínio da goiabeira, problema fitossanitário provocado pelo parasitismo das raízes por nematoides da espécie *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback em associação com fungos oportunistas, dizimou muitos pomares em todas as regiões do Brasil e em outros países. Logo, trabalhos de multiplicação de genótipos por miniestaquia voltados ao melhoramento genético passaram a ser realizados, de forma que se pudesse tornar o processo de propagação mais rápido e econômico, e assim contribuir na identificação de porta-enxertos resistentes ao nematoide, investigando-se acessos da espécie *P. guajava*, como também outras espécies do gênero *Psidium*. Até o momento, as fontes de resistência encontradas em araçazeiros (*Psidium* spp.) foram incompatíveis com as cultivares comerciais de *P. guajava*, exceto o híbrido interespecífico BRS Guaraçá, cruzamento entre o *P. guajava* e *P. guineense*. No presente estudo, propagou-se vegetativamente, por miniestaquia, acessos de goiabeiras seminíferas mantendo seus genótipos preservados e reavaliando a resistência por meio dos clones de forma a comprovar ou não as reações das plantas hospedeiras. Os resultados apontam para alta virulência do parasita, bem como alta hospedabilidade da espécie *P. guajava*, além da existência de grande variação da reação entre plantas do mesmo genótipo e entre genótipos distintos, o que indica que a estratégia de preservação do germoplasma e a reavaliação da reação em clones pode ser importante na busca e seleção de recursos genéticos com algum grau de resistência ou características de tolerância ao *M. enterolobii*. A progênie da cv. Paluma P02R5R2 obteve a menor média de Fator de Reprodução do parasita (FR = 22,11) entre os genótipos avaliados, sendo classificada como moderadamente resistente e preservada para estudos posteriores.

Palavras-chave: variabilidade genética, cv. Paluma, fator de reprodução, miniestaquia, declínio da goiabeira.

**VEGETATIVE PROPAGATION OF GUAVA ACCESSIONS (*Psidium guajava* L.)
FOR THE IDENTIFICATION AND MAINTENANCE OF RESISTANT SOURCES
TO THE NEMATODE (*Meloidogyne enterolobii*)**

ABSTRACT

The guava tree (*Psidium guajava* L.) is the most important fruit species of the Myrtaceae Family. Originally from Tropical America, it is of great relevance to Brazil. Majority of commercial guava orchards were formed by seedlings obtained from seeds and resulted in crops with large genetic variability. For this reason, vegetative propagation by herbaceous cuttings under misting chamber replaced the old method, becoming widely used. The emergence of guava decline, a phytosanitary problem caused by parasitism of the roots by nematodes of the species *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback in association with opportunistic fungi, decimated many orchards in all regions of Brazil and other countries. Therefore, work on the multiplication of genotypes by minicuttings aimed at genetic improvement began to be performed in order to make the propagation process faster and more economical, and thus contribute to the identification of rootstocks resistant to nematode, investigating accessions of the species *P. guajava*, as well as other species of the genus *Psidium*. So far, the sources of resistance found in araçá plants have been incompatible with commercial cultivars of *P. guajava*, except for the interspecific hybrid BRS Guaraçá, a cross between *Psidium guajava* and *P. guineense*. In this work, accessions of guava trees, originated from seeds, were vegetative propagated, by mini cuttings, keeping their genotypes preserved and reassessing the resistance by means of clones in order to verify or not the reactions of host plants. The results point to high virulence of the parasite, as well as high accommodation of the species *P. guajava*, besides the existence of great variation of the reaction between plants of the same genotype and between different genotypes, indicating that the strategy of germplasm preservation and the reassessment of the reaction in clones may be important in the search and selection of genetic resources with some degree of resistance or tolerance characteristics to *M. enterolobii*. The commercial progeny of cv. Paluma P02R5R2 obtained the lowest mean parasite reproduction factor (RF = 22.11) among the genotypes evaluated, being classified as moderately resistant and preserved for further studies.

Keywords: genetic variability, cv. Paluma, reproduction factor, minicutting, guava decline.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada, e mais especificamente a horticultura, no Submédio do Vale do São Francisco ganhou, notadamente, grande destaque no Brasil e no mundo, tendo os municípios de Juazeiro-BA e Petrolina-PE como os polos de produção que agregam 14 municípios em duas microrregiões definidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. No ano de 2020, 54.399 ha foram cultivados nestas microrregiões com lavouras permanentes, tendo como principais culturas a mangueira (24.646 ha) e a videira (10104 ha), seguidas pelas culturas da bananeira (9.061 ha) e da goiabeira (5.541 ha), produzindo 1.634.348 toneladas de frutas ao ano, além de quase 15 milhões de unidades de coco-da-baía, gerando milhares de empregos e uma receita superior a 3 bilhões de reais. Pode-se enfatizar também a importância de culturas anuais como a melancia, a mandioca, a cebola e o melão, cujas áreas cultivadas na referida região em 2020 somaram a expressiva marca de 11.114 ha (IBGE, 2021).

Dados do levantamento da Produção Agrícola Municipal de 2020 (IBGE, 2021), apontam que o Estado de Pernambuco vem se consolidando como o maior produtor de goiabas no Brasil (206.259 t.ano⁻¹) e o segundo maior em área plantada (5.735 ha), atrás apenas do estado de São Paulo que possui 6.500 ha plantados com produção anual de 182.202 toneladas da fruta. O Nordeste brasileiro tem condição de destaque como produtor de goiabas entre as demais regiões, com 10.605 ha cultivados com goiabeiras representando 48,15% da área total cultivada no país.

A cultura da goiabeira tem assim importância proeminente, pois vem se mantendo entre as frutíferas mais exploradas na região, apesar dos malefícios ocasionados pelo nematoide da espécie *Meloidogyne enterolobii*. Esse parasita foi identificado pela primeira vez no Brasil, causando danos em plantios comerciais de goiabeira, no ano de 2001, nos municípios de Petrolina (nos Perímetros Irrigados Nilo Coelho e Bebedouro) e de Juazeiro (nos Perímetros Irrigados de Curaçá e Maniçoba). Nesta época, constatou-se que as plantas infestadas por nematoides apresentaram drástica redução de crescimento, folhas pequenas e redução de produção em volume e em qualidade (CARNEIRO *et al.*, 2001). A planta parasitada pode ser levada à morte com tempo variável em função da maior ou menor infestação do solo (CASTRO, 2019). Em algumas condições, como se observa nas áreas irrigadas do Semiárido brasileiro, uma vez detectada a presença do nematoide, o período de vida útil do pomar é reduzido drasticamente (SILVA *et al.*, 2014).

Inicialmente, *M. enterolobii* foi considerado o único responsável pelo definhamento das goiabeiras infectadas. Mais tarde, Gomes *et al.* (2011) comprovaram que havia interação

com o *Fusarium solani* na deterioração radicular das plantas parasitadas. Desde então, o declínio da goiabeira passou a ser tratado como uma doença complexa, decorrente da ação conjunta desses dois patógenos. Estudos moleculares recentes, contudo, reclassificaram a etiologia do agente causal associado com o declínio da goiabeira ao fungo *Neocosmospora falciformes* em vez de *F. solani* (VELOSO *et al.* 2020).

Muitas pesquisas continuam focadas na busca por porta-enxertos resistentes ao nematoide, pois essa alternativa detém os danos físicos causados pelo parasita às raízes, que são a porta de entrada para a infecção fúngica (CASTRO, 2019). A utilização de genótipos resistentes é uma das estratégias mais efetivas e ambientalmente sustentável para o controle de fitonematoides. O emprego de cultivares e de porta-enxertos portadores de genes de resistência é um componente importante em programas de melhoramento e no manejo integrado de doenças e pragas (SILVA *et al.*, 2014).

Prospecções constantes, tanto com a cultura da goiabeira como para outras culturas que também têm demonstrado suscetibilidade ao *M. enterolobii*, vêm sendo realizadas em busca de recursos genéticos que possuam características de resistência ao patógeno. Algumas dessas pesquisas apontam resultados promissores, onde indivíduos estudados, após inoculados com ovos e juvenis de segundo estágio (J2) da praga, apresentam variabilidade no fator de reprodução (FR), com sua inibição, o que pode indicar resistência (COSTA FILHO *et al.*, 2018; MIRANDA, *et al.*, 2012; OLIVEIRA, *et al.*, 2019).

Ocorre que o processo de avaliação do fator de reprodução do patógeno em plantas a ele expostas é destrutivo, pois na maioria das pesquisas o sistema radicular é separado da parte aérea da planta, para que seja medido, pesado e para que o número de ovos presentes seja quantificado (QUEIRÓZ, 2020¹). Assim, por mais que algum genótipo se apresente como fonte de resistência, não se tem a sua progênie para poder reavaliar e comprovar a sua eficácia contra o nematoide e posteriormente até serem utilizadas como porta-enxertos de goiabeiras comerciais (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Logo, faz-se necessário lançar mão de metodologias voltadas para a propagação e manutenção desses genótipos. A miniestaquia desponta como uma prática capaz de contribuir em trabalhos de melhoramento de plantas, pois consiste na utilização de brotações de mudas provenientes de sementes ou de estacas, aproveitando o seu potencial juvenil e hormonal, para a indução do enraizamento e formação rápida de clones vigorosos (ALFENAS *et al.*, 2004;

¹ Comunicação pessoal do professor Manoel Abilio de Queiróz, em 24 de abril de 2020, recebida por correio eletrônico.

FERRIANI *et al.*, 2010). Esta técnica pode ser empregada na propagação de goiabeiras, sendo considerada vantajosa para programas de melhoramento com foco na seleção de genótipos resistentes a pragas e doenças (MARINHO *et al.*, 2009).

Em 2019 a Embrapa Semiárido lançou o porta-enxerto resistente BRS Guaraçá, cultivar que foi registrada no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) sob o número 35849, no ano de 2016 e que é resultante da hibridação por cruzamento único entre o acesso Gua161PE de goiabeira (*P. guajava* L.) com o acesso Ara138RR de araçá (*Psidium guineense* Sw.) ambos do banco de germoplasma da Embrapa Semiárido (CASTRO, 2019). Ocorre que esta é hoje a única opção de porta-enxerto resistente e compatível com as variedades comerciais de goiabeira que se tem até o presente momento para se contrapor a infestação pelo nematoide na cultura, o que gera insegurança para os produtores, pois é possível que com o decorrer dos anos o parasita possa suplantar a resistência e se tornar ainda mais agressiva.

O intuito deste trabalho foi propagar por miniestaquia acessos de goiabeiras seminíferas em avaliação quanto à resistência a meloidoginose, mantendo os genótipos preservados e permitindo a reavaliação da resistência dos clones, de forma a comprovar ou não as reações de resistência. Esta técnica poderá ser uma ferramenta importante para a manutenção de recursos genéticos com potencial resistência, visando a utilização posterior em trabalhos de melhoramento, seja para seleção de porta-enxertos para a goiabeira ou ainda para a seleção de plantas com características comerciais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A GOIABEIRA

A goiabeira (*P. guajava* L.) é a mais importante espécie da família Myrtaceae. Essa família é composta por 130 gêneros e três mil espécies de árvores e arbustos distribuídos em regiões de clima tropical e subtropical. O gênero *Psidium* abrange, aproximadamente, 150 espécies, muitas das quais produzem frutos (POMMER *et al.*, 2013). É originária da América Tropical, possivelmente entre o México e o Peru, onde ainda pode ser encontrada no estado silvestre (NATALE *et al.*, 2009).

Segundo Ribeiro (2018), o Brasil é o maior produtor mundial de goiabas vermelhas, contudo, somadas à produção de goiabas vermelhas e brancas, passa a figurar como o quarto maior produtor mundial, atrás de Índia, Paquistão e México. No Brasil, os cultivos de goiabeira estendem-se desde o estado do Rio Grande do Sul até a região Nordeste e estado do Acre, tendo as regiões Nordeste e Sudeste como principais centros de produção desde a década de 1990 (LANDAU *et al.*, 2020; POMMER *et al.*, 2013).

A goiabeira é uma árvore perene comumente encontrada em quintais. A planta apresenta porte variando entre o arbustivo até o de árvore ramosa, podendo atingir de 3 a 6 metros de altura. Os frutos são do tipo baga, variáveis em tamanho (4-12 cm de comprimento), com forma globosa, elipsoide ou ovoide a piriforme, e a coloração de polpa pode ser branca, branca-amarelada, rosa ou vermelha, quando maduros (POMMER *et al.*, 2013)

A goiaba é uma das frutas tropicais mais populares e de grande aceitação no Brasil e no mundo, sendo consumida *in natura* ou processada na forma de polpas, sucos, sorvetes, doces, geleias e até como “guatchup” (molho agridoce semelhante ao ketchup) (LANDAU *et al.*, 2020; NATALE *et al.*, 2009; POMMER *et al.*, 2013). Apresenta excepcionais concentrações de vitamina C, além das vitaminas A e as do complexo B. Ainda é rica em licopeno - poderoso agente antioxidante e antimutagênico - e em fibras (POMMER *et al.*, 2013). De grande importância socioeconômica para o Nordeste brasileiro, foi, por muito tempo, juntamente com a cultura da bananeira, a grande fornecedora de matéria-prima para a indústria de doces da região (GONZAGA NETO, 2007).

As regiões Nordeste e Sudeste brasileiras são as principais produtoras da fruta. Com 21.914ha de área colhida no ano de 2020 no Brasil, a produção nacional foi de 566.293 toneladas de goiaba, com rendimento médio de 25.841 kg ha⁻¹. Os polos irrigados de Petrolina – PE e Juazeiro – BA representam grande parte desta produção sendo o estado de Pernambuco seguido da Bahia os maiores produtores do Nordeste brasileiro (IBGE, 2021).

No ano de 2001, somente na Região do Submédio do Vale do São Francisco, que engloba os municípios de Juazeiro, Petrolina e outros, estimava-se haver uma área superior a 2.000 ha cultivadas com goiabeiras (GONZAGA NETO, 2001). Esta área mais que dobrou nas duas décadas que se seguiram, atingindo a marca de 5.541 ha, sendo que os maiores produtores de goiaba no Brasil são os municípios de Petrolina/PE (94.500 t.ano⁻¹), seguido de Santa Maria da Boa Vista/PE (64.350 t.ano⁻¹), Vista Alegre do Alto/SP (32.250 t.ano⁻¹) e Casa Nova/BA (24.340 t.ano⁻¹) (IBGE, 2021).

Entre as mais importantes cultivares comerciais de goiabeira, a Paluma é a mais plantada no Brasil, caracterizada pela capacidade de atingir mais de 50t.ha⁻¹ por ano (POMMER *et al.*, 2006).

2.2 PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS DA GOIABEIRA

Nos últimos anos problemas de origem fitossanitária têm diminuído a produção e limitado a ampliação de áreas plantadas de diversas culturas. Na região do Submédio do Vale do São Francisco, por exemplo, problemas com fitonematoides têm levado à erradicação de vários pomares de goiabeira em fase adulta e produtiva (ALMEIDA *et al.*, 2010).

Os fitonematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, também chamados de nematoides-das-galhas são os mais abundantes e prejudiciais para diversas culturas, pois causam distúrbios ao sistema radicular, alteram o desenvolvimento normal do tecido, induzindo a formação de galhas (alterações morfofisiológicas) que comprometem a absorção e a translocação de água e de nutrientes (SILVA e KRASUSKI, 2012; SILVA *et al.*, 2014). A espécie *M. enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) é considerada o maior problema fitossanitário da cultura da goiabeira em diversos estados brasileiros (ALMEIDA *et al.*, 2012; CARNEIRO *et al.*, 2012).

Análises realizadas no laboratório da Embrapa – Recursos Genéticos e Biotecnologia de mais de 80 amostras de raízes de goiabeiras infestadas, originárias de diversas regiões do Brasil, para a identificação da espécie de nematoide prejudicial à cultura, mostraram que apenas o parasita *M. enterolobii* foi detectado (CARNEIRO *et al.*, 2012). Segundo Ferraz e Brown (2016), esta é uma espécie de descrição mais recente, que ganhou destaque pois, apesar de ser polífaga, vem causando perdas importantes na cultura da goiabeira.

Portanto, pode-se afirmar que o *M. enterolobii* é o responsável por um dos maiores problemas fitossanitários da cultura da goiabeira (PEREIRA *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2010; CASTRO *et al.*, 2012; ROSA *et al.*, 2015). Trata-se de um patógeno de difícil controle, muito agressivo e com um número grande de espécies hospedeiras, afetando a produtividade de

muitas culturas de valor para a agricultura nacional (CASTRO, 2019).

Pereira *et al.* (2009), estimaram os impactos econômicos e sociais provocados pelo *M. enterolobii* em cinco estados brasileiros produtores de goiaba e concluíram que os prejuízos diretos, até então, estavam na ordem de 112,7 milhões de reais, além do desemprego de 3.703 trabalhadores rurais em virtude do declínio e morte dos pomares.

A ação conjunta entre *M. enterolobii* e *Fusarium solani* causam o declínio da goiabeira, doença complexa que vem provocando sérios danos à produção e prejudicando o cultivo desta frutífera no Submédio do Vale do São Francisco (CASTRO *et al.*, 2017). Também foi observada que a ação fúngica é dependente do nematoide para a sua penetração nos tecidos radiculares (CASTRO, 2019). Estudos moleculares mais recentes, contudo, reclassificaram a etiologia do agente causal associado com o declínio da goiabeira ao fungo *Neocosmospora falciformes* em vez de *F. solani* (VELOSO *et al.*, 2020).

A goiabeira infestada por nematoides apresenta como principais sintomas a formação de galhas e a ocorrência de necroses no sistema radicular. As galhas são o engrossamento das raízes nos locais parasitados pelas fêmeas, causadas pela liberação pelo parasita de substâncias químicas complexas, no sítio de alimentação, provocando um conglomerado de células hipertrofiadas e multinucleadas que passam a nutrir o nematoide que se torna sedentário (ARAÚJO FILHO e DALLAGNOL, 2018; SILVA *et al.*, 2014). Os sintomas secundários se caracterizam pelo bronzeamento da borda das folhas, seguido de amarelecimento e desfolhamento que, por vezes, podem ser confundidos com deficiência nutricional (CARNEIRO *et al.*, 2001; MIRANDA *et al.*, 2012).

Devido à inexistência de métodos de controle eficientes, esta meloidoginose invariavelmente causa, a médio prazo, o declínio dos pomares com acentuada queda de produtividade, seguida de morte das goiabeiras (PEREIRA *et al.*, 2009).

2.3 RESISTÊNCIA E MELHORAMENTO DE PLANTAS

Para cultivos de frutíferas perenes, as medidas de controle de fitonematoides capazes de reunir eficácia, viabilidade econômica e baixos riscos de contaminação são limitadas. Entre esses poucos métodos eficientes, o caminho mais viável para o enfrentamento do *M. enterolobii*, na cultura da goiabeira, aponta para a utilização de porta-enxertos com resistência genética (POMMER *et al.*, 2013).

O termo técnico “resistência” pode ser utilizado na nematologia de plantas conforme a sua origem, segundo duas naturezas distintas, ainda que possam ocorrer simultaneamente: 1. a resistência de espécie hospedeira (REH) - caracterizada pela aptidão de determinado recurso

genético vegetal em reduzir os danos causados pelos nematoides, em níveis variados, tais como: a penetração nas raízes, os demais danos físicos, a reprodução e o aumento da população; e 2. a resistência de espécie não hospedeira (RNH) – quando o genótipo vegetal impede completamente a infecção ou reprodução do parasita, sendo designado como imune (ARAÚJO FILHO e DALLAGNOL, 2018; TRUDGILL 1991). Já a suscetibilidade é assinalada pela completa falta de mecanismos que impeçam a entrada, avanço e alta reprodução do nematoide (ARAÚJO FILHO e DALLAGNOL, 2018).

Silva *et al.* (2014) explicam que a resistência de genótipos pode ser medida pela reprodução do nematoide na planta. Aquelas que permitem baixa ou nenhuma reprodução do nematoide são consideradas plantas resistentes. Para avaliar a resistência da planta por meio da reprodução do nematoide, utiliza-se o fator de reprodução (FR). Este FR é uma relação entre as populações final e inicial (PF/PI) do nematoide. Desse modo, uma planta com FR menor ou muito próximo de um é considerada resistente, pois não permitiu o aumento da população (OOSTENBRINK, 1966).

A suscetibilidade, por sua vez, também deve ser medida pela reprodução e não pelo número de galhas verificado (TAYLOR e SASSER, 1978). Exatamente por esse pressuposto Moura & Régis (1987) avaliando a reação de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) propuseram um método e a classificação da suscetibilidade ou resistência para valores intermediários, partindo da redução do fator de reprodução mais elevado observado entre os genótipos testados, sendo este considerado como padrão de suscetibilidade.

Cabe ainda consignar que um sistema semelhante havia sido proposto anteriormente. Nele, quando o percentual médio do fator de reprodução de um dado genótipo em relação ao hospedeiro mais suscetível correspondesse a faixa entre 25 a 50%, o mesmo seria considerado pouco resistente, FR entre 10 a 25% - moderadamente resistente, FR entre 1 a 10% - muito resistente, FR < 1% - altamente resistente e 0% - imune (TAYLOR, 1967, *apud* SASSER *et al.*, 1984).

Muitos estudos têm buscado identificar genótipos nas mais diversas espécies com característica de resistência ao *M. enterolobii*. Alguns deles têm se mostrado promissores, inclusive acessos de araçazeiros das espécies *P. grandifolium*, *P. cattleyanum* e *P. friedrichsthalianum*, que são do mesmo gênero da goiabeira, demonstraram alta a moderada resistência e até imunidade, porém apresentam incompatibilidade de enxertia com variedades de *P. guajava* (CASTRO *et al.*, 2017; RIBEIRO *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2014). Em relação à goiabeira, até o momento, não existe cultivar comercial resistente ao nematoide (BIAZATTI *et al.*, 2016; RIBEIRO *et al.*, 2018).

A Embrapa Semiárido alcançou bons resultados por meio do desenvolvimento de um porta-enxerto híbrido, fruto do cruzamento entre o *P. guajava* e *P. guineense*, o 'BRS Guaraçá'. Mudanças de goiabeira enxertadas sobre o BRS Guaraçá já estão sendo produzidas por viveiristas selecionados e se apresentam como promissora opção para o enfrentamento do problema causado por *M. enterolobii* (CASTRO, 2019).

Trabalhos de pesquisa demonstraram que é possível identificar fontes de resistência ao *M. enterolobii*. Plantas de um mesmo acesso de araçazeiros (*Psidium* spp.), após serem inoculadas com ovos e juvenis de segundo estágio (J2) do fitonematoide, quando avaliadas apresentaram comportamento diferenciado, com $FR < 1$ (OLIVEIRA *et al.*, 2019), enquanto a maioria era susceptível.

Miranda *et al.* (2012) verificaram que todas as plantas do araçazeiro (*P. cattleyanum*) (acessos 115 e 116) foram resistentes ($FR < 1$) a *M. enterolobii*, enquanto que em outros araçazeiros e goiabeiras houve um número variável de indivíduos com FR abaixo ou pouco acima de um. Avaliações de genótipos de melancia (*Citrullus lanatus* e *Citrullus lanatus* var. *citroides*) também indicaram comportamento semelhante (COSTA FILHO *et al.*, 2018). Isto aponta para a possibilidade de que essa característica de resistência nestes indivíduos pode ser replicada em sua progênie caso essas plantas sejam propagadas vegetativamente (MIRANDA *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2019).

2.4 PROPAGAÇÃO DA GOIABEIRA

A maioria dos pomares comerciais de goiabeira no Brasil e em outros países produtores, inicialmente, eram formados por mudas obtidas por sementes retiradas de frutos provenientes de polinização aberta, que resultavam em lavouras com grande variabilidade genética nas características dos frutos e das plantas (PEREIRA e NACHTIGAL, 2002). Conforme os mesmos autores, a propagação assexuada da goiabeira pode ser realizada por alporquia, por enxertia (borbulhia ou garfagem) e por estaquia (de raiz ou de ramos). A partir da década de 1980 até o início dos anos 90 a enxertia de goiabeira em porta-enxertos propagados pela via seminífera passou a ser o método mais utilizado (PEREIRA *et al.*, 2017).

A implantação de pomares por enxertia aumentava o custo das mudas, inviabilizando a sua utilização. Por isso, no ano de 1985 na FCAV-UNESP/ Jaboticabal, foi desenvolvido um projeto de propagação vegetativa da goiabeira por meio de estaquia herbácea sob nebulização intermitente, que resultou no estabelecimento de uma tecnologia economicamente viável para a produção de mudas de cultivares geneticamente superiores (PEREIRA e KAVATI, 2011). Este trabalho culminou em mudanças significativas no sistema de produção de mudas de

goiabeira no Brasil, passando a ser amplamente utilizado, por ser de fácil implementação, mais econômico, rápido e de alto rendimento (PEREIRA *et al.*, 2017). Desta forma recomenda-se que a utilização da propagação sexuada de goiabeiras seja empregada para trabalhos de melhoramento genético ou para a obtenção de porta-enxertos (SAMPAIO *et al.*, 2011).

Por ser de fácil implementação, alto rendimento por planta matriz, exigir curto espaço de tempo para obtenção de mudas e permitir a produção de plantas de alta qualidade, a propagação de goiabeira por estaquia herbácea, sob um sistema de nebulização intermitente, tem sido o método mais utilizado no Brasil (PEREIRA *et al.*, 2017). Consiste na utilização de estacas de tecidos jovens (ainda verdes), com duas gemas, mantendo os dois pares de folhas no internódio superior reduzidas à metade. As estacas podem ser tratadas com solução de AIB (ácido indolbutírico) na dosagem de 1.000mg.L^{-1} , plantadas em substrato e submetidas à câmara de nebulização intermitente para o enraizamento por aproximadamente 60 dias (FLORI *et al.*, 2015). A propagação da goiabeira por meio de estacas herbáceas permite a obtenção das mudas em um período de seis meses, ao passo que no processo de enxertia são necessários dois anos (PEREIRA e NACHTIGAL, 2002).

Outra técnica que apresenta potencial para propagação vegetativa em plantas da família Myrtaceae é a miniestaquia (ALFENAS *et al.*, 2004). Altoé *et al.* (2011) avaliaram a viabilidade da técnica de miniestaquia de material juvenil de araçazeiros (*P. guineense* e *P. cattleyanum*) e goiabeira (*P. guajava*) quando verificaram que houve enraizamento de 96%, 92% e 100% respectivamente e concluíram que a técnica é viável para multiplicação dessas espécies.

De acordo com Marinho *et al.* (2009) a goiabeira pode ser propagada por miniestacas derivadas de *seedlings*. A aplicação dessa tecnologia mostra-se vantajosa para avaliações iniciais de determinadas características potenciais em vista de programas de melhoramento da goiabeira, como, por exemplo, na seleção de genótipos resistentes a pragas e doenças.

Por conta dos graves danos que *M. enterolobii* vem causando em pomares comerciais, o sistema de propagação da goiaba exige uma nova mudança, no entanto, essa alteração ainda depende de porta-enxertos resistentes, que sejam facilmente propagados vegetativamente e sejam compatíveis com o enxerto das cultivares comerciais (PEREIRA *et al.* 2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos que constituíram esta pesquisa foram particionados em dois experimentos, desenvolvidos em casa de vegetação, entre novembro de 2020 a janeiro de 2022, no Departamento de Tecnologia e Ciências Sociais da Universidade do Estado da Bahia,

Campus III, situado no município de Juazeiro - BA (Latitude 9°25'10.67"S, Longitude 40°29'8.24"O e altitude 368m), inserido na região mais seca do país, cuja classificação climática de Köppen é **BSh**, ou seja, semiárido, com temperatura média anual >18°C, também designada como Sertão, podendo ser observados períodos de até nove meses sem chuvas, que se concentram de fevereiro a abril, com precipitação anual média inferior a 800mm (ALVARES *et al.*, 2013).

O material vegetal utilizado nos experimentos pertence ao Banco de Germoplasma de *Psidium* spp. da Universidade do Estado da Bahia (UNEB), armazenados em câmara fria a 10°C e 40% de umidade relativa na Embrapa Semiárido.

O primeiro ensaio voltou-se basicamente à manutenção, por meio da propagação vegetativa por miniestaquia, do maior número de genótipos que foram avaliados quanto à resistência ao *M. enterolobii*, sendo o sistema radicular observado de forma destrutiva, dando origem a clones das plantas-mães seminíferas.

No segundo experimento os genótipos avaliados como possíveis fontes de resistência foram preservados, dando origem às minicepas, que correspondem as mudas produzidas por miniestaquia, cujos brotos são podados para o fornecimento de novas miniestacas. As minicepas produziram material propagativo que, foi coletado e clonado. Após a formação das mudas, estas foram inoculadas com nematoides para reavaliação da característica de resistência almejada.

3.1 EXPERIMENTO 1: Propagação vegetativa por miniestacas oriundas de mudas inoculadas com *M. enterolobii*

A execução do trabalho buscou estabelecer um processo viável, prático e econômico de propagação visando preservar o genótipo e multiplicar plantas avaliadas quanto à reação ao nematoide, de modo a se ter clones idênticos de plantas-mães que após serem classificadas como resistentes, através de avaliação destrutiva do sistema radicular, tivessem essa possível característica genética preservada para trabalhos de melhoramento em futuras gerações.

A princípio, os diversos acessos de goiabeira pertencentes ao referido Banco de Germoplasma e progênies da cultivar cv. Paluma foram propagados pela via seminífera em casa de vegetação localizada na Embrapa Semiárido (Latitude 9°4'14.17"S, Longitude 40°19'3.09"O com altitude de 381 m), com intuito de serem inoculadas com ovos e juvenis de nematoides para avaliação do fator de reprodução no sistema radicular dos diferentes genótipos, em trabalho conduzido paralelamente (Figuras 1A e 1B).

Próximo à data de avaliação do sistema radicular das plantas inoculadas (plantas matrizes), quando as mudas atingiram 180 dias após a germinação e 135 dias posteriormente a

inoculação (em 17/11/2020), a parte aérea foi coletada.

As miniestacas foram coletadas com duas gemas e dois pares de folhas; as folhas basais foram eliminadas e as folhas da gema superior divididas ao meio, visando reduzir a transpiração (Figura 1C).



Figura 1 - Mudas matrizes das miniestacas (A e B); Miniestaca preparada com um par de folhas dividido ao meio (C); Miniestacas plantadas em copos com substratos, identificadas e distribuídas na bancada (D). Fotos do autor: acervo pessoal.

Cada miniestaca foi identificada segundo o acesso e a repetição cujo número estava contido na plaqueta do experimento da coleta e recebeu mais um número de repetição correspondente à quantidade de propágulos que aquela planta mãe foi capaz de fornecer. Note-se que algumas plantas estavam bem fragilizadas e não forneceram propágulos, enquanto outras forneceram apenas uma ou duas miniestacas, porém houve plantas que forneceram entre 3 e 6 miniestacas.

O material foi umedecido com borrifador, acondicionado entre folhas de papel toalha, armazenado em recipiente térmico para transporte e, após a conclusão da coleta, transferido para a casa de vegetação na UNEB.

A casa de vegetação coberta com tela de sombreamento preta (50%) foi previamente preparada com sistema de nebulização intermitente, com 36 micronebulizadores Coolnet™ Pro com vazão de $7,5 \text{ l.h}^{-1}$ sob pressão de $1,0 \text{ kgf.cm}^{-2}$, com cobertura para uma área de 16m^2 . O ambiente foi controlado por nebulizações programadas com duração de 10 segundos e intervalos de três minutos.

Como recipientes para enraizamento das miniestacas foram utilizados copos semitransparentes de polipropileno de 300 mL, perfurados no fundo e preenchidos com substrato para plantas - Tropstrato HA Hortaliças - à base de casca de pinus, turfa, vermiculita expandida, enriquecido com macro e micronutrientes (formulação de adubos não informada pelo fabricante). Os recipientes após receberem as miniestacas e a identificação transcrita em um minipiquete de madeira foram distribuídos aleatoriamente sobre duas bancadas de tela de

ação galvanizado para receberem a nebulização intermitente, visando o enraizamento adventício (Figura 1D).

Todo o material vegetativo coletado foi propagado e preservado com intuito de se aguardar a indicação do fator de reprodução (FR) a partir da contagem de ovos e juvenis de nematoides inoculados junto ao sistema radicular das plantas-mães. Ao todo coletou-se 355 miniestacas de 144 genótipos de *P. guajava* L., advindas das plantas produzidas por sementes do banco de germoplasma da UNEB. Estes acessos são provenientes de goiabeiras nativas coletadas em Minas Gerais (acessos identificados com códigos iniciados com a letra A), Rio de Janeiro (acessos identificados com códigos iniciados com as letras GB), Pernambuco (acessos identificados com códigos iniciados com as letras GO) e os demais de progênes da variedade Paluma (identificadas com códigos iniciados com a letra P) (Tabela 1), coletadas em pomares parasitados por *Meloidogyne* em área agrícola do município de Casa Nova na Bahia. Para os acessos oriundos da variedade Paluma cada planta-mãe corresponde a um genótipo, já que o modo de reprodução da goiabeira, apesar de haver divergências, é classificado como xenogâmico, ou seja, possui preferência pela alogamia, com relação pólen:óvulo de 6.462,82, sendo que a presença de agentes bióticos polinizadores podem incrementar a produtividade em até 39,5% e que a produção de mudas por sementes promove grande variabilidade (ALVES e FREITAS, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2020; PEREIRA e NACHTIGAL, 2002).

Tabela 1. Acessos de *P. guajava* L. do Banco de Germoplasma da UNEB que forneceram material vegetativo para propagação.

Acesso ou Progênie	UF de origem	Acesso ou Progênie	UF de origem
A03 – goiabeira nativa	MG	GB2 – goiabeira nativa	RJ
A04 – goiabeira nativa	MG	GO2F – feira livre	PE
A06 – goiabeira nativa	MG	GO3F – feira livre	PE
A08 – goiabeira nativa	MG	P01 – Paluma	BA
A10 – goiabeira nativa	MG	P02 – Paluma	BA
A11 – goiabeira nativa	MG	P03 – Paluma	BA
A13 – goiabeira nativa	MG	P04 – Paluma	BA
A14 – goiabeira nativa	MG	P05 – Paluma	BA
A16 – goiabeira nativa	MG	P06 – Paluma	BA
A30 – goiabeira nativa	MG	P07 – Paluma	BA
A31 – goiabeira nativa	MG	P08 – Paluma	BA
A51 – goiabeira nativa	MG	P09 – Paluma	BA
A80 – goiabeira nativa	MG	P10 – Paluma	BA
GB – goiabeira nativa	RJ	P11 – Paluma	BA

UF – Unidade da Federação, MG – Minas Gerais, RJ – Rio de Janeiro, PE – Pernambuco e BA- Bahia.

As miniestacas foram distribuídas ao acaso com o número de repetições variando entre

um e seis em virtude do número de propágulos que as plantas matrizes forneceram, compondo a primeira população. Os acessos constituíram os tratamentos e, nesta etapa, observou-se o comportamento das miniestacas de goiabeira no tocante a emissão de raízes, brotações e desenvolvimento de sistema radicular e parte aérea.

A primeira avaliação do ensaio ocorreu aos 30 dias após a sua instalação, por método não destrutivo, considerando todas as miniestacas em enraizamento sob regime de nebulização intermitente. Foram analisados o desenvolvimento da parte aérea e das raízes, sendo observadas as seguintes variáveis: porcentagem de sobrevivência das miniestacas (diferenciadas entre vivas e mortas) (%), porcentagem de estacas com retenção de folhas originais (uma, duas folhas ou desfolhadas) (%), enraizamento - sim ou não - de acordo com observação visual pela transparência do recipiente plástico (Figura 2A) e contagem de brotações (0, uma ou duas) por estacas (Figura 2B).

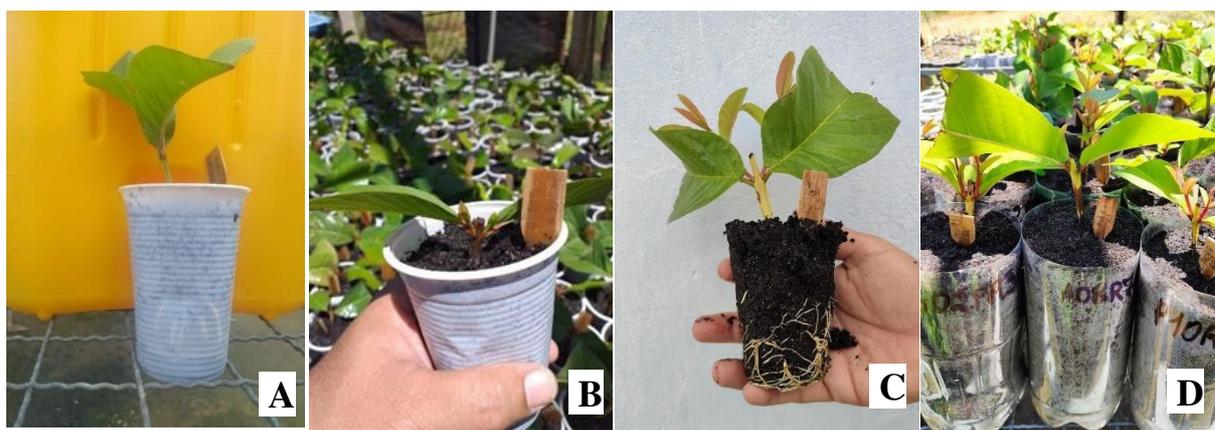


Figura 2 - Enraizamento de miniestaca visto através do copo (A), Brotações iniciais (B), muda enraizada e com dois brotos sendo repicada (C), Mudanças transplantadas em recipientes transparentes de garrafas pet (D) Fotos do autor: acervo pessoal.

Após a primeira avaliação, a medida em que o enraizamento das miniestacas ia sendo observado (Figura 2C), as plantas eram repicadas para vasos transparentes (Figura 2D) obtidos por meio do aproveitamento de garrafas pet (polietileno tereftalato) de dois litros, que eram lavadas, cortadas na parte superior e perfuradas com ferro quente na parte inferior para promover a drenagem. Os vasos foram preenchidos com substrato contendo a mistura de Tropstrato HA Hortaliças (composição descrita anteriormente) com húmus de minhoca na proporção de 4:1. Cada vaso com capacidade volumétrica de 1,63 litros comportou em média 740g da mistura. O maior número de transplantes ocorreu entre os dias 29/12/20 a 01/01/21 quando 274 mudas foram acomodadas nos novos recipientes (Figura 2-D).

A segunda avaliação foi realizada aos 60 dias também por meio de observação sem métodos de destruição das plantas. As variáveis consideradas nesta avaliação foram: porcentagem de sobrevivência das miniestacas (%), porcentagem de estacas com retenção de

folhas originais (uma, duas folhas ou desfolhadas) (%), porcentagem de enraizamento - de acordo com observação visual pela transparência do vaso de pet (%), desenvolvimento radicular (notas de 1 a 5), desenvolvimento/crescimento dos brotos (notas de 1 a 5) e número de brotações por estaca (contagem: 0, 1, ≥ 2).

Na pontuação do enraizamento as notas foram atribuídas de acordo com os seguintes critérios: **1 = ausente**: sem enraizamento, **2 = moderado**: raras raízes e comprimento até $\frac{1}{4}$ do vaso, **3 = bom**: poucas raízes e comprimento até a metade do vaso, **4 = muito bom**: várias raízes e comprimento entre a metade e $\frac{1}{3}$ do vaso e **5 = excelente**: com muitas raízes e comprimento superior a $\frac{1}{3}$ do vaso). As notas para a parte aérea foram atribuídas como **1 = sem brotação**, **2 = moderado** - brotação inicial, **3 = bom** - broto(s) com um a 2 pares de folhas, **4 = muito bom** - broto (s) com 3 a 4 pares de folhas e **5 = excelente** - presença de broto(s) com mais de 4 pares de folhas.

A partir da segunda avaliação realizada em janeiro de 2021, de posse dos dados² quanto ao fator de reprodução de nematoides dos acessos propagados por semente inoculados com 4.000 ovos + juvenis de *M. enterolobii*, permitiu-se o remodelamento da pesquisa, com a separação dos clones de genótipos classificados como resistentes ($FR \leq 1$) ou com fatores de reprodução médios muito baixos (entre 1,2 a 2,69), como também os clones de um genótipo da cv. Paluma considerado como padrão de suscetibilidade com $FR = 231,75$ (Tabela 2).

Tabela 2. Reação dos acessos de goiabeira (*P. guajava* L.) de origem seminífera selecionados, cultivados em casa de vegetação na EMBRAPA Semiárido, avaliados aos 135 dias após inoculação de 4000 ovos + J2/planta de *M. enterolobii*.

Acesso	Repetição	CR	MFR	PF	FR
A08	1	33,00	33,00	320	0,08
A08	4	30,40	17,00	1.400	0,35
A31	1	31,20	3,75	1.692	0,4
GO3F	1	37,20	7,28	2.484	0,6
GO3F	7	22,20	5,39	4.800	1,2
P02	5	24,69	35,00	8.480	2,12
P03	8	13,84	34,50	10.760	2,69
P06*	4	20,28	29,88	927.000	231,75

*Padrão de suscetibilidade. CR = comprimento de maior raiz (cm), MFR - massa fresca de raiz (g), PF - população final (ovos+J2) e FR - Fator de Reprodução ($FR = PF/4000$). Fonte: Oliveira, 2021 (dados não publicados)

Os clones propagados vegetativamente a partir das plantas-mães seminíferas foram preservados para compor o conjunto de plantas matrizes do minijardim clonal. As mudas que

² Comunicação pessoal do professor Manoel Abilio de Queiróz, em 16 de janeiro de 2021, recebida por correio eletrônico.

restaram, procedentes dos demais acessos cujo FR foi superior a 2,69 foram consideradas fora do escopo de interesse para testes estatísticos e foram descartadas.

3.1.1 FORMAÇÃO DO MINIJARDIM CLONAL

A partir dos oito acessos selecionados (Tabela 2), foram produzidas 15 mudas por miniestaquia. Estas foram preservadas e transplantadas para vasos de 12 litros, contendo substrato comercial previamente adubado com 50g de superfosfato simples aos 125 dias após a propagação (DAP) e passaram a ser conduzidas com objetivo de que suas brotações pudessem ser extraídas para nova multiplicação por miniestaquia sob câmara de nebulização, fornecendo, cada uma, ao menos seis miniestacas de subcultivo para originar um novo lote de mudas, conforme sequência esquemática abaixo (Figura 3).

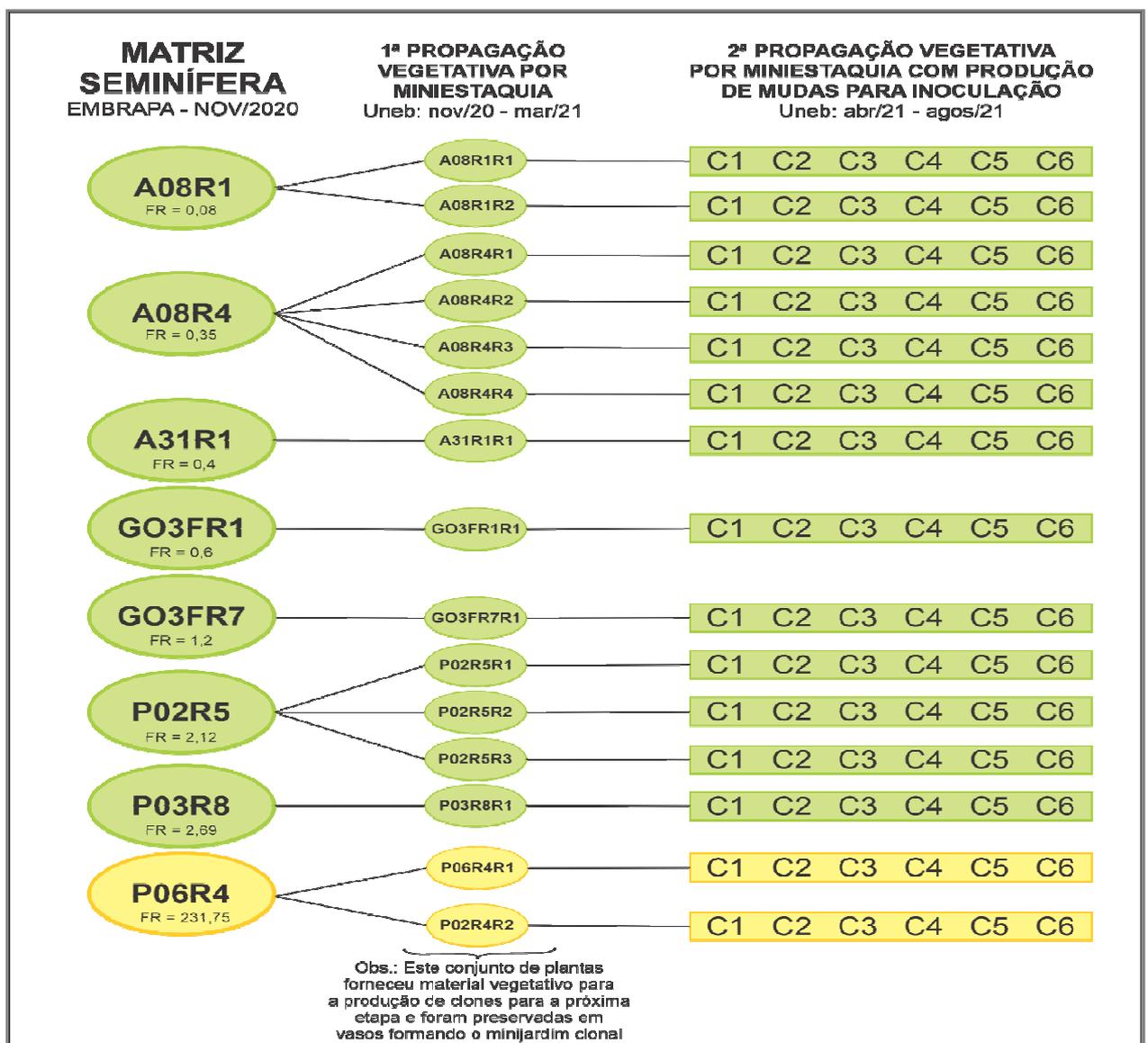


Figura 3 - Representação esquemática obedecida na propagação vegetativa por miniestaquia dos genótipos de goiabeira com indicação de resistência ou padrão de suscetibilidade.

A Figura 3 permite uma melhor visualização de toda a linha do processo de propagação até a padronização do número de clones de segundo ciclo, visando produzir mudas para um segundo experimento com a inoculação com *M. enterolobii* e verificação da preservação ou não do fator de reprodução nos genótipos selecionados. Ademais, após a coleta das miniestacas, estas plantas continuaram sendo irrigadas e manejadas, em casa de vegetação com o intuito de se tornarem minicepas e viessem a fornecer mais material propagativo para novos estudos.

É importante destacar que algumas matrizes forneceram mais de uma miniestaca, na primeira coleta para a propagação vegetativa e que todas as mudas oriundas desses genótipos foram preservadas. Assim, para este experimento, alguns tratamentos apesar de avaliados separadamente, como uma fonte de variação distinta tem sua gênese na mesma planta-mãe. Esta observação é relevante, pois embora exista o consenso de que o mesmo genótipo propagado vegetativamente produza descendentes idênticos a si, fatores bióticos e abióticos podem causar estresses nas plantas, interferindo na forma em que vão manifestar as respostas, de forma individual ou generalizada, impedindo-as de alcançarem o seu potencial genético integralmente (TAIZ *et al.*, 2017).

Os dados coletados nas duas primeiras avaliações do processo de propagação foram tabulados em Microsoft Excel e analisados utilizando estatística descritiva, gráficos, tabelas, e testes de qui-quadrado e/ou teste exato de Fisher com o nível de significância a 5% por meio do software Minitab (versão de avaliação - 21.1.0).

Após completarem um ano as plantas- clones de primeiro cultivo, foram novamente transplantadas para vasos maiores (com capacidade de 33 litros) preenchidos com vermiculita visando promover um melhor desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea, sendo ainda transferidas para área aberta, ao lado da casa de vegetação, onde passaram a receber irrigação por gotejamento e os tratos culturais como podas e adubações, conforme a necessidade da cultura.

EXPERIMENTO 2: Produção de mudas de goiabeira por miniestacas de plantas propagadas vegetativamente e inoculação com nematoides visando a confirmação da resistência

As mudas de primeiro ciclo produzidas por propagação vegetativa (filhas das plantas seminíferas) e selecionadas para formação do minijardim clonal a partir do primeiro ensaio foram submetidas a uma poda apical ao completarem 150 dias, obtendo-se ao menos seis miniestacas de subcultivo. Este material foi propagado em câmara de nebulização, repetindo-se o método descrito no primeiro experimento.

Após 70 dias (durante um período de cinco dias), as mudas jovens de segundo cultivo já bem enraizadas e com pequenas brotações foram repicadas para sacos plásticos próprios para mudas com dimensões de 44,5cm x 14,5cm x 10cm e capacidade volumétrica \square 6,5 litros. Foram utilizados como substratos 1,05 kg de Tropstrato HA Hortaliças, depositado na parte inferior do recipiente para melhor preenchimento dos furos de drenagem, evitando perdas de material, e sobre este 4,2 kg de solo arenoso autoclavado (neossolo flúvico psamítico com composição textural de 86% de areia, 2% de argila e 12% de silte - coletado na área do DTCS/UNEB) até cerca de 5 cm da borda de cada recipiente.

A irrigação diária das mudas a partir do transplântio passou a ser feita manualmente, com uso de regador. A nebulização também foi mantida com o *timer* reajustado para pulverizar durante 60 segundos com intervalos de 15 minutos.

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado (DIC), e constituído por 15 tratamentos e seis repetições, conforme mostrado na representação esquemática (Figura 03). Vinte e um dias precedentes à inoculação, foi realizado levantamento de algumas características morfológicas das mudas, que pudessem indicar em conjunto com análises posteriores, o estágio de desenvolvimento das plantas antes da infecção

Para se obter o inóculo de ovos e J2 de *M. enterolobii* foram coletadas raízes de goiabeiras parasitadas por nematoide em uma área de produção de goiabas localizada no Projeto Salitre (Latitude 9°32'16.74"S, Longitude 40°37'15.03"O e Altitude: 379,43m). O local de coleta possuía apenas algumas plantas remanescentes após a erradicação do pomar em virtude do declínio da goiabeira (Figura 4A).



Figura 4 - Coleta de raízes de goiabeira parasitadas por *M. enterolobii* (A), Lavagem das raízes para a extração (B), Raiz coletada com muitas galhas, massas de ovos e com regiões deterioradas (C), Inoculação de muda de goiabeira (D) Fotos do autor: acervo pessoal.

O material coletado foi transportado envolto em solo até o laboratório, onde foi cuidadosamente lavado (Figura 4B) e em seguida processado para a extração do inóculo, onde

os ovos e J2 foram retirados de raízes infectadas fazendo uso de uma solução de água sanitária a 0,5%, servindo-se de um liquidificador em vez da agitação manual, seguida de centrifugação e flotação, de acordo com a associação dos métodos de Bonetti e Ferraz (1981) e Coolen & D'Herde (1972) descritos por Machado *et al.*, (2019).

Posteriormente, o material extraído foi submetido a contagem, utilizando microscópio óptico e placa de Peters. Após a primeira contagem observou-se a necessidade de diluição do inóculo para ajustar a sua concentração aproximada para 600 ovos + J2 por mL. Efetuou-se então mais três contagens consecutivas confirmando o êxito na calibração do inóculo.

Na sequência, em 08/09/2021, as mudas que estavam com 144 dias após início da miniestaquia e entre 60 e 64 dias após repicagem para os sacos plásticos para mudas, foram inoculadas com 3 mL da solução extraída com utilização de uma pipeta graduada, fazendo-se três pequenos furos próximos ao colo da planta e depositando em cada um 1 mL do inóculo (Figura 4D).

Aos 135 DAI (dias após a inoculação), melhor época para avaliação conforme relataram Burla *et al.* (2010), as plantas foram transportadas da casa de vegetação para o laboratório para a avaliação destrutiva do sistema radicular com observação das seguintes variáveis: altura da parte aérea (APA), comprimento da maior raiz (CR), massa da parte aérea (MPA), massa fresca de raiz (MFR), massa fresca total da planta (MFTP), razão entre raiz e parte aérea (R R:PA), índice de galhas (IG), População final (PF), População final por grama de raiz (PF/gR) e Fator de Reprodução (FR). Para a avaliação da variável IG aplicou-se a escala de 0–5, onde 0: sem galhas, 1: 1-2 galhas, 2: 3-10 galhas, 3: 11-30 galhas, 4: 31-100 galhas, 5: > 100 galhas por sistema radicular (TAYLOR & SASSER, 1978).

Novamente aplicou-se os métodos de extração de Bonetti e Ferraz (1981) e de Coolen & D'Herde (1972), sendo que desta vez o extrato contendo ovos + J2 referente a cada planta foi armazenado em um coletor individual identificado, sucedida da contagem aproximada da população final total composta por ovos + J2 presente no sistema radicular de cada unidade experimental, com utilização da placa de Peters e microscópio óptico. O fator de reprodução (FR) de cada repetição foi calculado, dividindo-se o número total de ovos + J2 das raízes (população final: PF) pelo número de ovos inoculados ou população inicial (PI = 1800).

Para a classificação aplicou-se, a princípio, a forma clássica proposta por Oostenbrink (1966), onde plantas com $FR = 0$ são consideradas imunes, $FR < 1$ - resistentes e com $FR \geq 1$ suscetíveis. Adicionalmente empregou-se o sistema de classificação segundo Moura e Régis (1987), aplicável para ranquear às reações das plantas hospedeiras como mostrado na Tabela 3.

Este método possibilita a avaliação do percentual de inibição da reprodução dos

nematoides em relação ao padrão suscetível, inclusive para hospedeiras cujos valores médios de fator de reprodução por tratamento são maiores ou iguais a um ($FR \geq 1$).

Tabela 3. Classificação qualitativa da resistência de hospedeiras, segundo percentual de redução do fator reprodução de *Meloidogyne* spp. em relação ao padrão de suscetibilidade.

% de redução do fator de reprodução	Classificação da hospedeira
0 – 25	Altamente suscetível (AS)
26 – 50	Suscetível (S)
51 – 75	Pouco resistente (PR)
76 – 95	Moderadamente resistente (MR)
96 – 99	Resistente (R)
100	Altamente resistente (AR) ou imune (I)

Fonte: Moura & Régis (1987).

Para as análises estatísticas os dados das variáveis MFPA, MFR, MFTP, R: R/PA, PF e FR precisaram ser transformadas extraindo-se a $\sqrt{\square}$ e $\sqrt[4]{\square}$ para a variável PF/gR, pretendendo o atendimento dos pressupostos para em seguida serem submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott a 5% ($p < 0,05$). As análises foram feitas usando-se o software SISVAR. Para outras análises e elaboração de tabelas e gráficos também se utilizou o programa MINITAB (versão de avaliação - 21.1.0).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

EXPERIMENTO 1

Com relação ao desempenho por acesso/progênie, um indicador já no início dos trabalhos despertou interesse: a capacidade das plantas infectadas na produção e fornecimento de miniestacas. Considerando que todos os acessos/progênies coletados tinham oito repetições e que a pretensão inicial era se obter ao menos três miniestacas de cada unidade amostral, em média, o total inicial de propágulos na instalação deste trabalho seria de 672, porém, o número real atingiu 355 propágulos. Para melhor examinar a produção de miniestacas, aferiu-se a razão entre o número real coletado e o potencial esperado.

Como pode ser percebido nos resultados expressos em porcentagem (Tabela 4), alguns genótipos nativos e também as progênies da variedade Paluma, tiveram uma capacidade bastante reduzida de produção de miniestacas, a exemplo dos acessos A03, A04, A31 (nativas) e das progênies P05, P08 e P10 (Paluma), enquanto os acessos A06, A08 e A13 (nativas) e as progênies (P02, P07 e P11) superaram as demais em número de propágulos fornecidos.

Dado que todas as plantas foram cultivadas no mesmo ambiente homogêneo (casa de vegetação), mesma época do ano e receberam tratos culturais, além de quantidade de inóculo idênticos, a premissa de que alguns acessos sofreram menos a patogenicidade dos nematoides

expressando essa característica na produção em relação a outros que não foram aptos para produzir é bastante plausível, podendo indicar que esses genótipos, mesmo que tenham alta hospedabilidade, com $FR > 1$, toleram bem o parasitismo, podendo ainda apresentar algum grau de resistência horizontal, sendo capazes de se adaptar, desenvolver e produzir mesmo quando infectados.

Tabela 4. Potencial de produção de miniestacas dos acessos/progênes avaliados em comparação ao número real de propágulos fornecidos.

Acesso ou progênie	Potencial de produção de miniestacas	Nº real de miniestacas coletadas	Razão potencial/real	Real %
A03	24	1	4,2%	0,28
A04	24	1	4,2%	0,28
A06	24	22	91,7%	6,20
A08	24	27	112,5%	7,61
A10	24	7	29,2%	1,97
A11	24	3	12,5%	0,85
A13	24	22	91,7%	6,20
A14	24	14	58,3%	3,94
A16	24	11	45,8%	3,10
A30	24	15	62,5%	4,23
A31	24	2	8,3%	0,56
A51	24	10	41,7%	2,82
A80	24	10	41,7%	2,82
GB	24	8	33,3%	2,25
GB2	24	16	66,7%	4,51
GO2F	24	19	79,2%	5,35
GO3F	24	10	41,7%	2,82
P01	24	17	70,8%	4,79
P02	24	21	87,5%	5,92
P03	24	19	79,2%	5,35
P04	24	19	79,2%	5,35
P05	24	1	4,2%	0,28
P06	24	14	58,3%	3,94
P07	24	22	91,7%	6,20
P08	24	2	8,3%	0,56
P09	24	12	50,0%	3,38
P10	24	7	29,2%	1,97
P11	24	23	95,8%	6,48
Total	672	355		100

O termo resistência delinea a ação dos genes de uma dada planta hospedeira capazes de reduzir ou impedir o crescimento da população do nematoide em seus tecidos atacados. Já a tolerância corresponde a aptidão de um genótipo hospedeiro infectado de manter-se em equilíbrio, suprimindo os efeitos desfavoráveis ou mesmo se recuperando do ataque do agente fitopatológico, sem que os danos comprometam a sua produção. A tolerância ao dano de determinado recurso vegetal independe da resistência (TRUDGILL, 1991).

A cv. Paluma é notadamente bastante vigorosa e possui a elevada capacidade de produção (ALTOÉ *et al.*, 2011; FREITAS *et al.*, 2013). Todavia, a observação de que algumas progênes desta variedade apresentaram baixa produtividade de miniestacas entre plantas seminíferas parasitadas por *M. enterolobii* é de fato um dado a se examinar, pois se as plantas mães sofreram a tal ponto o parasitismo, as demais com produção de parte aérea dentro do esperado já mostraram desempenho diferenciado, sendo capazes de suplantar a agressividade da infecção. Outros elementos, porém, podem também contribuir para a baixa produção de biomassa das mudas, tais como o baixo vigor das sementes do acesso utilizado ou a possibilidade de algumas repetições não terem germinado ou mesmo morrido, antes da coleta (dados indisponíveis).

O processo de propagação de goiabeiras em câmaras de nebulização por estaquia em si já é uma prática bastante difundida, contudo, lança mão de estacas obtidas de plantas saudáveis, com alto vigor e muito bem manejadas e nutridas. A propagação de miniestacas de mudas de goiabeiras de origem por sementes, com 180 dias após a emergência, e inoculadas com nematoides, por sua vez, ainda não havia sido testada. Como era de se prever, trata-se de material vegetativo de plantas que estavam bastante extenuadas e, por esse motivo, a perspectiva de sobrevivência e desenvolvimento era muito baixa. O que se observou, no entanto, foi que a capacidade de sobrevivência, emissão de raízes e brotações das mudas propagadas por miniestaquia coletadas de mães seminíferas infectadas não foi comprometida e que as mudas obtidas apresentaram excelente vigor e rápido desenvolvimento. A partir do 20º dia após a instalação do experimento as emissões iniciais de raízes e brotações já puderam ser notadas.

Na avaliação realizada aos 30 DAP, no que se refere à sobrevivência, 100% das miniestacas (355) continuavam vivas, sendo que 305 delas (85,91%) ainda mantinham as duas folhas, 34 (9,58%) estavam com apenas uma folha e 16 (4,51%) tinham perdido todas as folhas.

No que se refere a brotações, 231 miniestacas (65,07%) ainda não haviam emitido nenhum broto, enquanto 124 (34,93%) já contavam com ao menos uma brotação, sendo que 95 delas apresentavam duas brotações.

Em relação ao enraizamento, 203 parcelas ainda não possuíam raízes aparentes, enquanto as outras 152 (42,82%) já estavam enraizadas. Sintetizando: aos 30 dias, 162 miniestacas (45,56%) não apresentavam nem brotação e nem enraizamento (Figura 5A), 41 (11,55%) apresentavam brotação, porém não apresentavam enraizamento (Figura 5B), 69 (10,44%) não apresentavam brotação, porém apresentavam enraizamento (Figura 5C) e 83 (23,38%) apresentavam brotação e enraizamento (Figura 5D).

Quando as mesmas unidades amostrais foram novamente avaliadas aos 60 DAP, constatou-se que sete miniestacas (1,97%) estavam mortas (Figura 5E), quatro (1,13%) não apresentavam brotação, nem enraizamento (Figura 5F), 10 (2,82%) apresentavam brotação, porém não apresentavam enraizamento (Figura 5G), 57 (16,06%) apresentavam enraizamento sem brotação (Figura 5H) e 277 (78,03%) apresentavam brotação e enraizamento (Figura 5I). Assim, a contagem observada revelou também que o processo de propagação vegetativa de miniestacas advindas de plantas infectadas logrou êxito, pois numa população de 355, expressivas 334 mudas já haviam enraizado e 287 já haviam emitido a parte aérea.

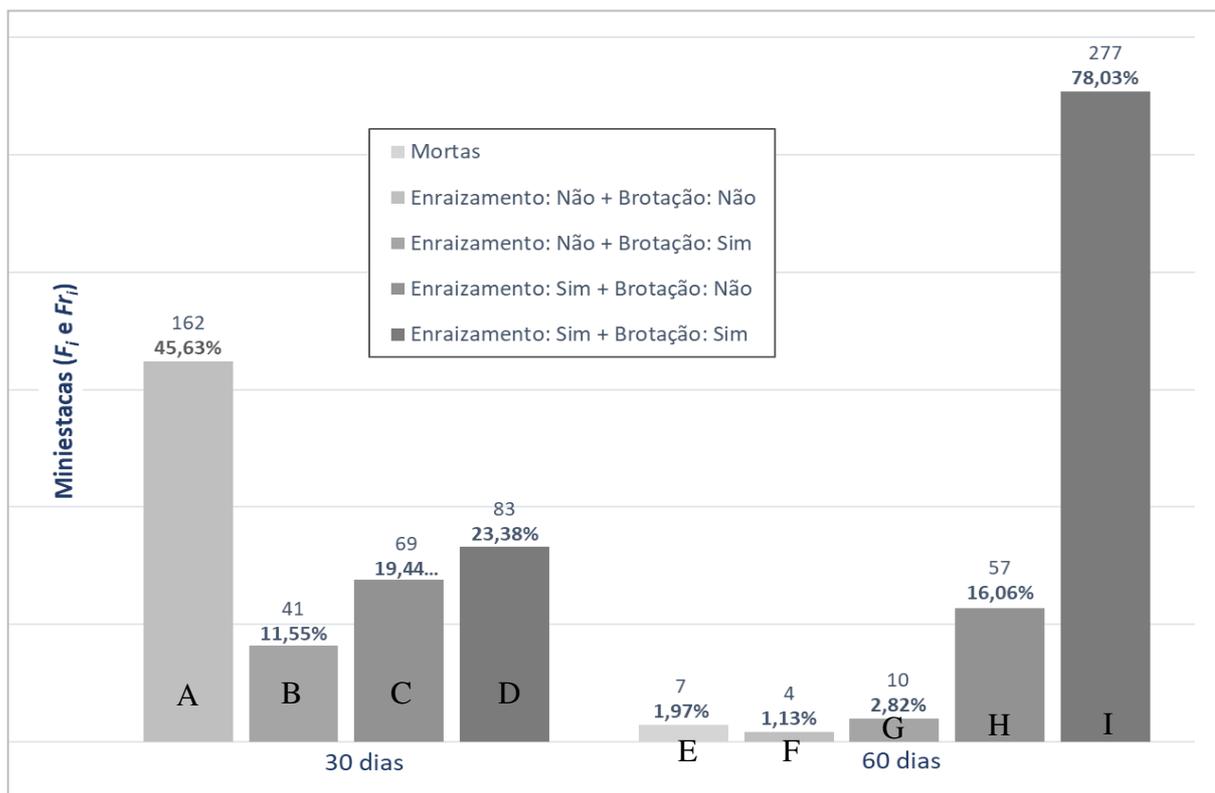


Figura 5 - Enraizamento e brotações das miniestacas aos 30 e 60 dias (Frequências absoluta - F_i e relativa - F_{ri} expressa em %).

Os percentuais de enraizamento e emissão de brotos alcançados são semelhantes aos verificados anteriormente em trabalhos com miniestaquia de goiabeira. Freitas *et al.* (2013), avaliando o processo de miniestaquia e miniestaquia seriada em goiabeiras das variedades Paluma, Pedro Sato e Cortibel 6, verificaram valores médios acima de 90% para taxa de

sobrevivência e de 70% para enraizamento aos 62 dias, enquanto Marinho *et al.* (2009), pioneiros na avaliação da miniestquia em goiabeira, verificaram que aos 40 dias após o estaqueamento 76% das miniestacas já haviam enraizado e emitido a parte aérea (sendo que os propágulos da cultivar Paluma enraizaram 100%) e concluindo que a técnica é importante para contribuir com pesquisadores que se dedicam ao melhoramento por meio da seleção preliminar de genótipos.

O desempenho precoce dos propágulos na emissão de raízes adventícias, bem como de brotações se deve especialmente a juvenilidade das miniestacas. Segundo Fachinello *et al.* (2005) estacas de plantas jovens enraízam com maior facilidade e isto está relacionado com o balanço hormonal, onde inibidores de enraizamento tendem a aumentar à medida em que a idade da planta avança e ainda com a redução de cofatores do enraizamento tais como o teor de água e de nutrientes.

A associação positiva de dependência entre as variáveis qualitativas enraizamento e emissão de brotação foi verificada pelo teste qui-quadrado ($n_1 = 5\%$, $n_2 = 1$) (3,84), onde $\chi^2_{(3,84)} > \chi^2_{(3,84)}$ com p valor $< 0,001$ e pelo teste exato de Fisher, aplicável a tabelas 2x2 (Tabela 5).

Tabela 5. Associação das variáveis enraizamento e brotação das mudas de goiabeira aos 30 e 60 DAP (dias após o início da propagação) para o teste qui-quadrado.

Enraizamento	Brotação					
	30 dias ($\chi^2_{(3,84)} = 0,001$, 0,001)		Total	60 dias ($\chi^2_{(3,84)} = 0,001$, 0,001)		Total
	Não	Sim		Não	Sim	
Não	162 (45,63)	41 (11,55)	203 (57,18)	11* (3,10)	10 (2,82)	21 (5,92)
Sim	69 (19,44)	83 (23,38)	152 (42,82)	57 (16,06)	277 (78,03)	334 (94,08)
Total	231 (65,07)	124 (34,93)	355 (100,0)	68 (19,15)	287 (80,85)	355 (100,0)

* Incluindo 7 miniestacas mortas (1,97% do total).

Os números entre parênteses são porcentagens proporcionais aos totais nas colunas – relativas ao número total de 355 propágulos.

Os resultados alcançados apontam que a chance de uma miniestaca de goiabeira propagada sob condições semelhantes apresentar emissão de raízes aos 30 DAP é de 42,82% e de emitir parte aérea é de 34,93%. Entre as mudas com brotos, 23,28%, ou seja, 83 já possuíam raízes adventícias.

Outra consideração de relevo pode ser feita ao se comparar as mudas não enraizadas, de modo que no conjunto de 203 miniestacas (57,18%), 162 (79,80%) também não apresentavam brotos, reforçando a credibilidade da afirmação de que a brotação é bastante dependente do enraizamento e que, a despeito dos fotoassimilados processados no par de meias

folhas mantidas nas miniestacas que auxiliam na manutenção da mudinha na fase inicial, o seu desenvolvimento passa necessariamente pela formação do sistema radicular em vista da absorção de água e nutrientes. Tal premissa é sustentada pela teoria do particionamento defendida por Bloom *et al.* (1985), justificando que a planta é capaz de alocar mais biomassa destinando suas reservas para o crescimento do órgão que será mais competente em absorver um recurso limitante.

Apesar das folhas possuírem estruturas com capacidade de absorver água em pequenas quantidades, movida pelo gradiente de potencial hídrico ($\Psi_{\text{atmosfera}} > \Psi_{\text{folhas}}$), ou em outras palavras: a umidade do ar estando maior que a umidade nos tecidos foliares, o principal órgão das plantas responsável pela absorção de água é o sistema radicular e esse processo ocorre através de sua epiderme. Logo, quanto maior a área e a massa das raízes, maior também será a sua capacidade de absorção para suprir as necessidades da parte aérea da planta (TAIZ *et al.*, 2017).

Aos 60 DAP, quando se realizou a segunda avaliação, todas as plantas já tinham sido repicadas para os vasos transparentes independente do seu desenvolvimento (Figura 2D). O enraizamento mensurado foi de 94,08%, perfazendo um universo de 334 mudas enraizadas, entre estas, 277 já apresentavam ao menos um broto. Os testes qui-quadrado e o exato de Fisher (Tabela 2x2) também referendaram a associação de dependência entre as variáveis (Tabela 5).

A evolução da propagação também foi examinada do ponto de vista qualitativo ordinal, atribuindo-se notas ao enraizamento e às brotações, já excluindo do rol das análises as miniestacas mortas (Figuras 6A e 6B).

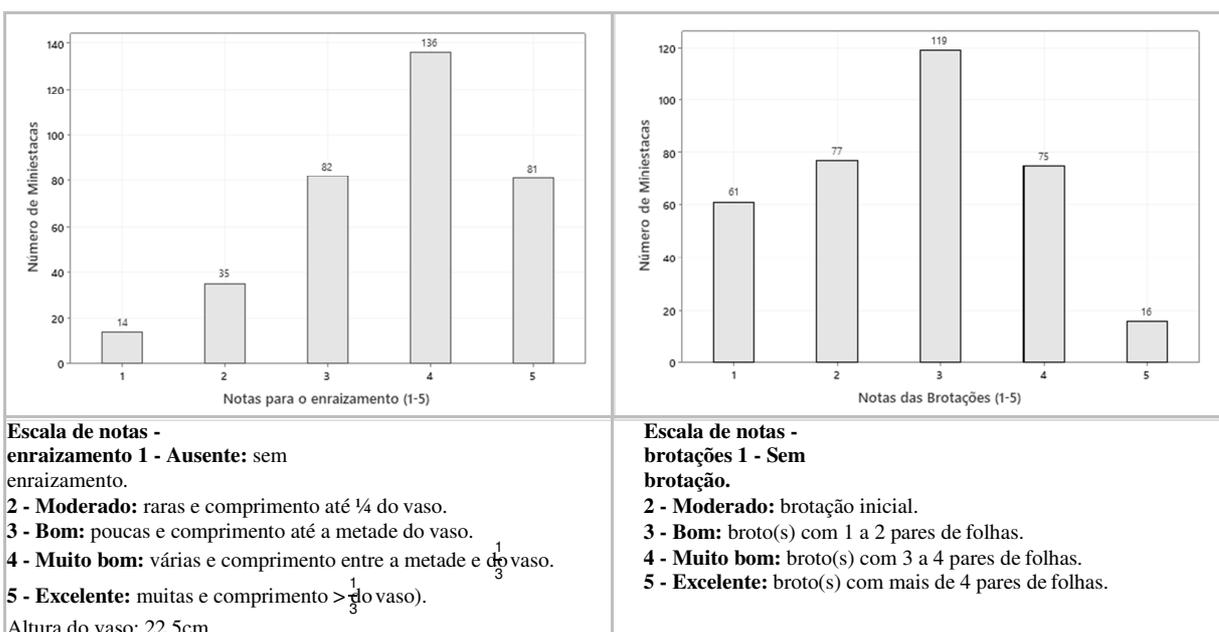


Figura 6 - Notas de enraizamento (A) e brotações (B) de miniestacas de goiabeira aos 60 DAP.

A observação da moda e da mediana das notas aplicadas ao enraizamento das miniestacas (nota 4), demonstra que o maior número das mudas propagadas apresentava enraizamento muito bom, com várias raízes adventícias e comprimento superior a 11,75cm, o que referenda o sucesso da câmara de nebulização para a produção de mudas da espécie e ainda que a miniestaquia é uma técnica extremamente viável na multiplicação rápida de genótipos em ações de melhoramento de goiabeiras. Constata-se também que o percentual de miniestacas enraizadas com nota ≥ 3 corresponde a 85,92% das plantas vivas.

Já para as brotações, a moda e a mediana foram a nota 3, revelando que a maioria das mudas já possuíam ao menos uma brotação com um a dois pares de folhas, totalizando 287 mudas que correspondem a 82,47% (Figura 7B). As médias ponderadas para as variáveis notas do enraizamento e notas das brotações mensuradas foram de 3,67 e 2,63 respectivamente. Na Figura 7 pode-se observar o enraizamento de plantas paradigmáticas que receberam os conceitos ordinais estimados de 2 a 5 no julgamento do enraizamento das mudas.



Figura 7 - Padrão de enraizamento das mudas de goiabeira para as notas de 2 a 5. Fotos do autor: acervo pessoal.

EXPERIMENTO 2

As minicepas, no momento da poda, exibiam ramificações com bastante material vegetativo, sendo capazes de fornecer uma quantidade superior ao número de propágulos necessários (Figura 8-A). O processo de propagação vegetativa a partir das plantas preservadas no minijardim clonal utilizando miniestacas (clones-netos) foi bem-sucedido (Figura 8-B). As miniestacas, sob nebulização intermitente, proporcionaram novamente alta taxa de pegamento e aos 23 DAP foi possível visualizar o início do enraizamento (Figura 8-C).

As mudas, após a repicagem para os sacos, desenvolveram ramos vigorosos, com excelente aparência e uniformidade (Figura 8-D). Durante o levantamento das variáveis - número de brotos (NB), altura de parte aérea (APA) e número de internódios no maior broto (NI) - realizado aos vinte e um dias antes da inoculação (Tabela 6), as plantas apresentavam

aspecto saudável, livres de pragas e doenças, bom desenvolvimento vegetativo, nutrição equilibrada e meristema apical ativo.



Figura 8 - Minicepas antes da coleta de miniestacas (A), Distribuição de miniestacas na bancada (B), Enraizamento de miniestacas de 2º cultivo aos 23 DAP (C), Mudanças após repicagem para sacos (D) Fotos do autor: acervo pessoal.

Tabela 6. Número de brotos (NB), altura de parte aérea em cm (APA) e número de internódios no maior broto (NI) das plantas aos 21 dias anteriores à inoculação (médias por acesso).

Acesso/progênie	NB	APA	NI
A08R4R4	1,2	39,7 a	8,7
A08R1R2	1,8	37,6 a	8,2
A08R4R1	1,8	33,5 a	8,5
P02R5R3	1,7	32,3 a	8,2
P02R5R1	1,8	31,8 a	7,0
P06R4R1	1,8	30,7 a	7,7
A08R1R1	2,0	29,9 a	6,7
P03R8R1	2,3	28,2 b	6,0
GO3FR1R1	2,0	28,2 b	6,2
P06R4R2	1,8	27,4 b	6,8
A08R4R2	2,0	25,7 b	8,0
A08R4R3	1,8	24,8 b	6,5
P02R5R2	1,8	24,6 b	6,5
GO3FR7R1	2,0	24,2 b	6,5
A31R1R1	2,0	12,4 c	4,7
CV (%)		31,84	
Fcal		2,967	

Valores seguidos de mesma letra minúscula, nas colunas, apresentam grupo de médias que não são diferentes ao nível de significância de 5% pelo teste de Scott e Knott.

A análise estatística das médias da variável altura de parte aérea das mudas (APA) pelo teste de Scott e Knott a 5% de significância reuniu os acessos em três grupos distintos indicando diferenças importantes no desenvolvimento dos brotos (Tabela 6). Para as variáveis número de brotos e número de internódios, não foram realizadas análise de variância e teste de agrupamentos de médias, por falta de normalidade dos dados.

As mudas permaneciam com aspecto saudável e desenvolvimento satisfatório na data da inoculação (Figura 9-A) e mesmo depois de inoculadas continuavam desenvolvendo a parte aérea, com crescimento rápido e com ausência de sintomas característicos da infecção. Em virtude do crescimento acelerado, foi necessário realizar a retirada da bancada, depositando as mudas sobre blocos de cerâmica aos 48 DAI, evitando o contato direto com o piso da casa de vegetação, e permitindo a continuidade do manejo cultural e a circulação de ar (Figura 9-B). A partir de 105 DAI, foi possível observar em algumas plantas sintomas, tais como clorose e queda de algumas folhas (Figura 9-C), bem como a murcha dos ponteiros e de folhas jovens nos horários mais quentes do dia, porém até o momento da avaliação final não houve agravamento dos sintomas que merecessem maior atenção.

Quando algumas raízes externaram em pontos do recipiente plástico, a partir da 18ª semana após o parasitismo, foi possível verificar a presença de galhas pequenas e discretas, algumas já escuras, possivelmente por necrose dos tecidos causada por fungos oportunistas ou como resposta de hipersensibilidade, indicando a viabilidade do inóculo e que os nematoides haviam provocado a hiperplasia em células do sistema radicular (Figura 9-D), uma das características do parasitismo de raízes por nematoides do gênero *Meloidogyne*.



Figura 9 - Aspecto fitossanitário de muda na inoculação (A), Plantas distribuídas sobre blocos cerâmicos (B), Planta apresentando clorose (C), Pequenas galhas e necrose de raízes (D) Fotos do autor: acervo pessoal.

Na avaliação realizada aos 135 DAI as seguintes variáveis biométricas das plantas foram levantadas: comprimento de maior raiz (CMR), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de raiz (MFR) e massa total da planta (MFTP) - cujas variações das médias entre tratamentos não foram significativas estatisticamente - e ainda as características: altura de parte aérea (APA) e razão entre raiz e parte aérea (R R:PA) dada pela divisão entre a massa fresca de raiz e massa fresca de parte aérea, para as quais houve contrastes significativos, uma vez que o agrupamento de médias a 5% de significância pelo teste de Scott e Knott, agrupando as médias dos tratamentos em dois subgrupos para ambas variáveis (Tabela 7).

No tocante a APA o grupo com maiores alturas de plantas apresentaram um intervalo de valores indo de 96,90 - 120,23 e o outro de menores médias de altura variando de 70,83 - 93,55. O tratamento A08R4R4 obteve a maior média, em valor absoluto, no primeiro grupo (120,23cm), enquanto o tratamento A31R1R1 a média do extremo inferior (70,83) com uma amplitude total de 49,4 cm (Tabela 7).

Tabela 7. Médias de parâmetros biométricos mensurados aos 135 dias após a inoculação.

Tratamento	APA	CMR	MFPA	MFR	MFTP	R: R/PA
A08R1R1	116,03a	49,83a	182,06a	112,36a	294,42a	0,63b
A08R1R2	109,77a	53,77a	202,36a	106,47a	308,82a	0,52b
A08R4R1	100,32a	57,05a	145,66a	98,48a	244,14a	0,68b
A08R4R2	87,38b	52,32a	160,55a	105,18a	265,72a	0,64b
A08R4R3	96,90a	45,67a	169,76a	101,12a	270,88a	0,61b
A08R4R4	120,23a	57,00a	178,74a	152,00a	330,74a	0,86a
A31R1R1	70,83b	52,25a	86,25a	59,33a	145,58a	0,71b
GO3FR1R1	85,60b	49,07a	139,25a	125,18a	264,43a	0,94a
GO3FR7R1	79,38b	53,23a	138,50a	109,69a	248,20a	0,72b
P02R5R1	85,17b	50,92a	134,17a	96,07a	230,24a	0,68b
P02R5R2	72,65b	44,32a	107,86a	58,31a	166,17a	0,49b
P02R5R3	105,20a	51,00a	153,71a	99,47a	253,18a	0,66b
P03R8R1	93,55b	51,97a	129,73a	71,27a	201,00a	0,53b
P06R4R1	116,45a	55,02a	141,20a	82,05a	223,24a	0,58b
P06R4R2	113,62a	47,90a	148,07a	121,77a	269,84a	0,79a
CV(%)	22,89					13,92

Médias de seis repetições por tratamento. Variáveis: altura de parte aérea em cm (APA), comprimento de maior raiz em cm (CMR), massa fresca de parte aérea em g (MFPA), massa fresca de raiz em g (MFR) e massa total da planta em g (MFTP) e razão entre massa fresca de raiz e massa fresca de parte aérea (R R:PA). Valores seguidos de mesma letra minúscula, nas colunas, apresentam grupo de médias que não são diferentes ao nível de significância de 5% pelo teste de Scott e Knott.

Entre os seis tratamentos da cv. Paluma, três foram incluídos entre os de maiores médias e três no grupo de médias inferiores, o que não era esperado, pois como já discutido, esta cultivar de goiabeira costuma ter alto vigor e desenvolvimento rápido.

Outro detalhe é que ao se comparar os resultados desta avaliação com a realizada antes da inoculação, percebe-se que os mesmos tratamentos que alcançaram as médias nos limites máximo e mínimo agora, eram os que também já apresentavam essa característica naquela ocasião, podendo-se concluir que a infecção, teoricamente, não causou danos a ponto de impedir o crescimento das plantas de segundo ciclo que atingiram as maiores alturas. O mesmo não é possível afirmar no caso das plantas dos tratamentos de menor estatura, a menos que se investigue se o nanismo para elas seja uma característica biológica intrínseca, o que não aparenta ser o caso, ao menos para as progênies de Paluma.

Para as plantas das progênies P06R4R1 e P06R4R2 verifica-se um desenvolvimento médio da parte aérea impressionante, mesmo após inoculação. A APA da primeira manteve-se no grupo de maior crescimento, sendo as plantas que apresentaram o segundo maior crescimento. Já a média de crescimento da parte aérea da progênie P06R4R2 subiu do segundo para o primeiro grupo, saindo da décima posição para a quarta com a maior altura. Tal condição pode expressar a tolerância dessa progênie em relação ao nematoide, pois a mesma continuou evoluindo apesar da presença do parasita.

Quanto a razão Raiz:Parte aérea (R: R/PA) apesar do agrupamento em dois subgrupos, apenas três tratamentos se destacaram neste critério (G03FR1R1, novamente o A08R4R4 e P06R4R2) e, entre estes, sobressalta-se o desempenho do tratamento G03FR1R1 com média de 0,94, ou seja, a biomassa dos sistemas radiculares se aproxima muito da biomassa da parte aérea das plantas.

De forma a caracterizar ainda melhor o grau de relação linear entre as variáveis MFR e MFPA, realizou-se um teste de correlação de Pearson, com nível de significância a 5%, que validou a correlação, com $r=0,824$ e $p=0,000$ (Figura 10).

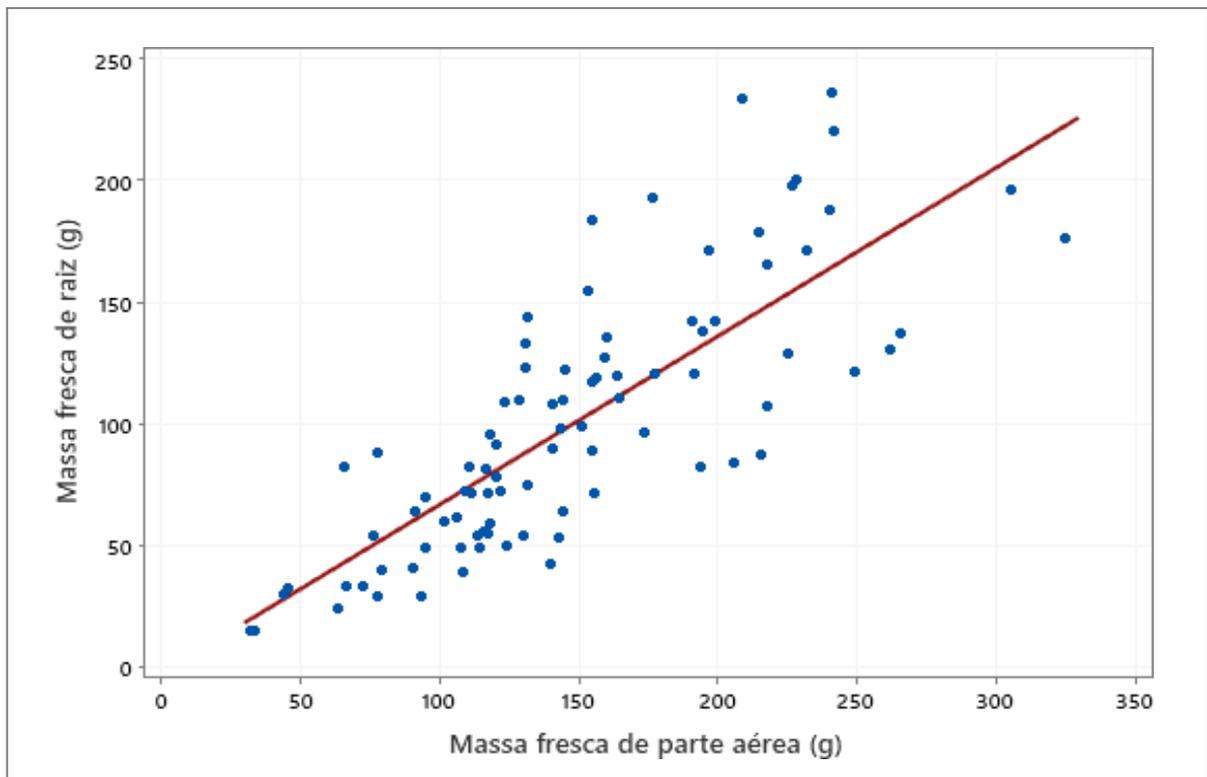


Figura 10 - Diagrama de dispersão correlacionando as variáveis MFR e MFPA das goiabeiras avaliadas.

De acordo com Taiz *et al.* (2017) esta relação é regida por um equilíbrio funcional que regula a fotossíntese em função da absorção de água pelas raízes obedecendo os limites impostos pela capacidade genética das plantas. Assim, a capacidade de uma planta em incrementar a sua parte aérea só é reduzida quando as raízes já não absorvem água

suficientemente para assegurar o aumento da atividade fotossintética e na mesma proporção o crescimento das raízes deve ocorrer até que a parte aérea supere a necessidade do sistema subterrâneo por fotossintatos. Logo, pode-se sustentar que acessos com alta razão Raiz:Parte aérea, governam com maior proporcionalidade a absorção de água e a atividade fotossintética, e que esta qualidade é positiva e desejável para um genótipo que venha a sofrer estresses e danos bióticos em seu sistema radicular, podendo responder com uma maior emissão de raízes em busca de compensar as perdas.

Outra condição distinta entre as plantas-mães seminíferas e as propagadas vegetativamente é a biomassa das raízes. Enquanto as mudas de goiabeira originadas por sementes e parasitadas apresentaram raízes discretas e pouco desenvolvidas com baixa massa fresca, pois como observado por Oliveira *et al.*, (2019) a deficiência no sistema radicular de mudas seminíferas pode ter desenvolvido a obtenção de falsos negativos, pois não houve raiz suficiente para abrigar os ovos e J2, as plantas propagadas pela miniestaquia desenvolveram sistema radicular com a presença de raízes adventícias de diversas espessuras, abundantes e com biomassas expressivas, o que de forma direta contribui com maior oferta de sítios de alimentação para o agente fitopatogênico.

No que se refere às reações das plantas como hospedeiras da meloidoginose, os resultados apurados reforçam que a espécie *Psidium guajava* é vulnerável à infecção do parasita, pois nenhum indivíduo observado foi capaz de inibir completamente a sua reprodução. Carneiro *et al.*, (2012), também avaliaram a reação de plantas da cv. Paluma como hospedeiras para *M. incognita* raças 1 e 2, *M. javanica* e *M. arenaria*, tendo como controle *M. enterolobii*. Enquanto para *M. enterolobii* o FR foi de 182,4 para os demais agentes fitopatogênicos a goiabeira mostrou-se resistente ou imune ($FR < 1$).

Os recursos genéticos avaliados apresentaram importante variação na população final e, conseqüentemente, no fator de reprodução do parasita. A variação foi constatada tanto entre os tratamentos, como também dentro dos grupos de clones com origem na mesma minicepa, ou seja, do mesmo genótipo. Estes resultados se assemelham aos relatados por Miranda *et al.*, (2010), que avaliando métodos para seleção de genótipos de *Psidium* spp. resistentes a *M. enterolobii* verificaram um coeficiente de variação entre 25 a 171% entre plantas do mesmo genótipo propagado vegetativamente, inclusive com indivíduos apresentando FR abaixo ou ligeiramente maior que um e outros com $FR > 1$, e conseqüentemente, na média, considerados suscetíveis.

Tendo em vista que os genótipos testados neste trabalho foram classificados como resistentes ou com baixos níveis de reprodução do nematoide em estudo precedente, a partir da

avaliação dos sistemas radiculares das plantas-mães multiplicadas por sementes, há de se ponderar que existam variabilidades genótípicas nos parasitas, por se tratar de fontes de inóculos coletadas em localidades distintas para as duas pesquisas (Casa Nova – BA e Juazeiro – BA, respectivamente), e que o último poderá ser mais virulento/agressivo.

Nenhum tratamento ou indivíduo da população avaliada neste ensaio obteve índice de fator de reprodução necessário para confirmação de resistência ($FR < 1$) ou imunidade ($FR = 0$) de acordo com a classificação definida por Oostenbrink (1966), que é o sistema mais popular. Desta forma, visando explorar melhor os dados, optou-se em aplicar adicionalmente a classificação de Moura e Régis (1987) para a ordenação da hospedabilidade dos acessos avaliados a partir do maior fator de reprodução médio obtido entre os tratamentos - utilizado como padrão de suscetibilidade – e sendo a base para a classificação dos demais tratamentos, conforme se verifica na Tabela 8.

Tabela 8. Reação ao *M. enterolobii* dos genótipos de goiabeira (*P. guajava* L.) propagados por miniestaquia, avaliados aos 135 DAI com 1.800 ovos +J2/planta em casa de vegetação, onde $FR = PF/1800$.

Tratamento	MFR ¹	IG	PF ^{1, 2}	PFGR ^{1, 2}	FR ^{1, 2}	RFR	C ³
A08R4R2*	105,18	4,83	604.492a	6.991,04a	335,82a	00,00	AS
P03R8R1	71,27	5	522.468a	8.481,66a	290,26a	13,57	AS
A08R4R4	152,00	5	515.257a	3.523,82a	286,25a	14,76	AS
A08R1R1	112,36	4,83	486.273a	4.919,52a	270,15a	19,56	AS
P02R5R3	99,47	5	433.038a	4.796,53a	240,57a	28,36	S
A08R4R1	98,48	5	408.707a	4.153,68a	227,06a	32,39	S
A31R1R1	59,33	5	398.448a	7.074,92a	221,36a	34,08	S
P06R4R1	82,05	5	351.278a	4.870,44a	195,15a	41,89	S
A08R4R3	101,12	4,83	343.275a	5.457,88a	190,70a	43,21	S
A08R1R2	106,47	5	215.928b	2.054,19b	119,96b	64,28	PR
P06R4R2	121,77	5	160.992b	1.741,41b	89,44b	73,37	PR
P02R5R1	96,07	5	150.597b	1.614,14b	83,66b	75,09	MR
GO3FR1R1	141,85	4,83	144.975b	1.928,66b	80,54b	76,02	MR
GO3FR7R1	109,69	5	136.242b	1.922,04b	75,69b	77,46	MR
P02R5R2**	58,31	5	39.812c	789,04b	22,11c	93,42	MR
CV (%)			25,63	16,67	25,63		
Fcal			9,06	6,23	9,06		

¹Valores das médias de seis repetições (dados biológicos – originais). MFR = Massa fresca de raiz; índice de galhas (IG), PF = População final, PFGR = População final por grama de raiz (PF/MFR), FR = Fator de reprodução (PF/PI) - onde PI = população inicial composta por 1.800 ovos e J2, RFR = redução do fator de reprodução em relação ao padrão de susceptibilidade expressa em %, C = Classificação, CV = Coeficiente de variação e Fcal = F calculado.

²Valores seguidos de mesma letra minúscula, nas colunas, representam médias que não são diferentes entre si ao nível de 5% de significância pelo teste de Scott e Knott.

³AS=altamente suscetível; S=suscetível; PR=pouco resistente; MR=moderadamente resistente (Moura & Régis 1987).

* Padrão de suscetibilidade (PS). ** Padrão de resistência (PR).

Observando-se a população final (PF) composta por ovos + J2 verificada no sistema radicular das plantas agrupadas por tratamento (origem na mesma minicepa de 1° cultivo), pode-se notar que os melhores resultados foram atingidos por clones de uma planta da cv. Paluma (P02R5R2) cuja soma totalizou a PF = 238.870, valor que é significativamente menor que a soma das contagens das repetições dos clones de uma minicepa de goiabeira nativa (A08R4R2) em que a PF foi 15,18 vezes maior, ou seja, 3.626.950 ovos + J2 (Figura 11).

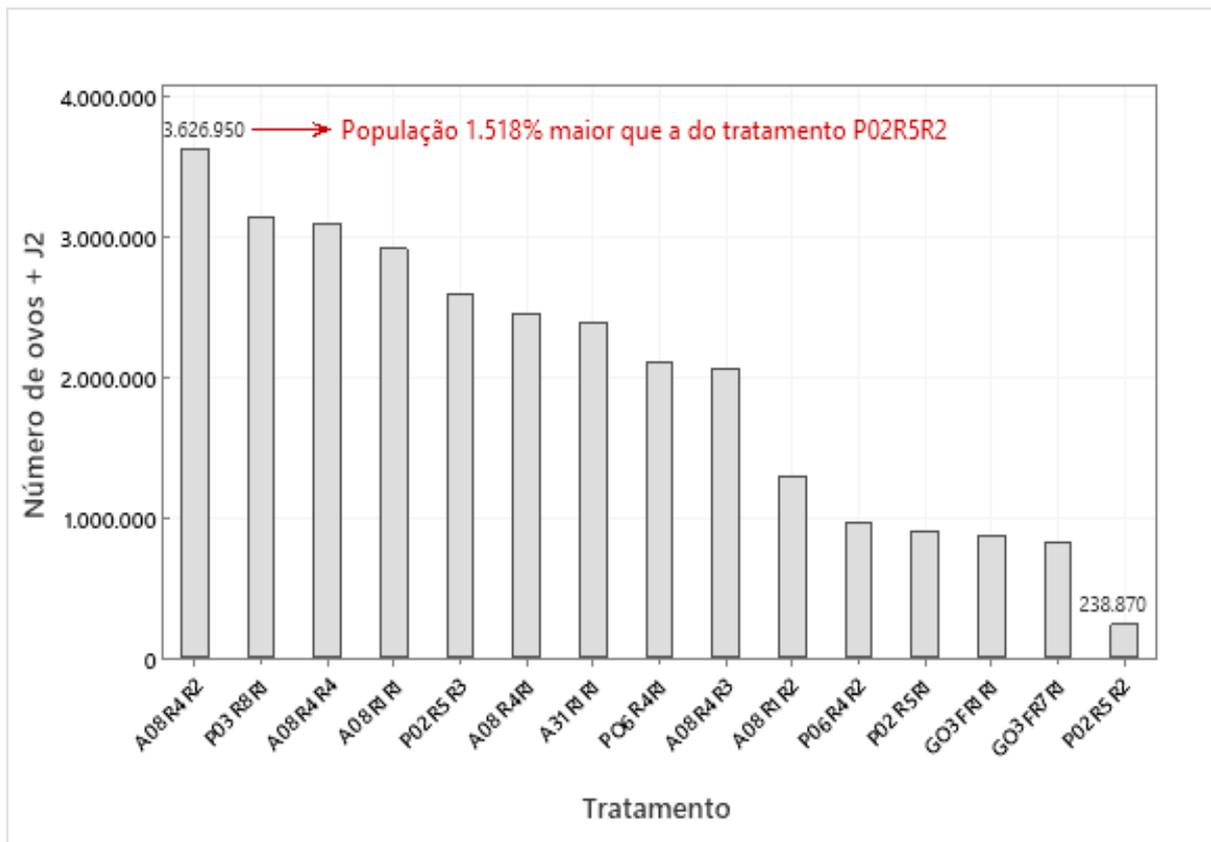


Figura 11 - Soma da população final (Pf = ovos + J2) por tratamento avaliado - dados biológicos.

Os resultados da reação das plantas hospedeiras levantados neste estudo corroboram com os resultados de outros trabalhos que apontam a espécie *Psidium guajava* e, de forma particular a cv. Paluma, como sendo suscetível ao *Meloidogyne enterolobii*, (BIAZATTI *et al.*, 2016; CARNEIRO *et al.*, 2012; CASTRO *et al.* 2012; MIRANDA *et al.*, 2012) apesar da existência de grande variação no FR entre os acessos e progênies avaliados, inclusive com moderada resistência identificada para exemplares da cultivar supramencionada. Há de se evidenciar, portanto, que as baixas médias de fator de reprodução encontradas em alguns acessos devem ser consideradas como indicativos importantes para a preservação dos genótipos e o aprofundamento de pesquisas que permitam o desenvolvimento de porta-enxertos ou cultivares menos vulneráveis ou tolerantes, inclusive gerando a oportunidade de opções ao produtor.

Achados como o de Cavalcanti Junior *et al.* (2020) com acessos de goiabeira com FR de 1,43 (HU-RJ-G01) e 1,69 (PAU-CM-G03) corroboraram com os resultados deste entendimento. Mesmo materiais com médias consideradas altas, mas que reduziram significativamente o FR em relação ao padrão de suscetibilidade, como o caso identificado neste trabalho com a menor média de FR = 22,11 (P02R5R2 – progênie de Paluma), mas com amplitude total de FR = 37,12, sendo que entre as seis repetições, cinco apresentaram valores $\leq 26,31$, com $X_{menor} = 4,61$ e apenas uma apresentou valor > 40 ($X_{maior} = 41,73$) (Figura 12), com uma diferença de 93,42% se comparado com o genótipo que recebeu a maior média (A08R4R2 com FR = 335,82), demonstram que esses **recursos genéticos moderadamente resistentes não devem ser desprezados**.

Entendimento semelhante, sugerindo mais estudos, foi relatado por Freitas *et al.* (2014), ao avaliar a resistência de acessos de *Psidium* spp. do Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) ao nematoide de galhas, quando entre todos os acessos da espécie *Psidium guajava* testados (44 ao todo), apenas o acesso 44 de uma goiabeira silvestre coletada no Parque Olhos D'água em Brasília – DF, apresentou FR=22,9 enquanto o maior FR entre os acessos da espécie foi de 943,4.

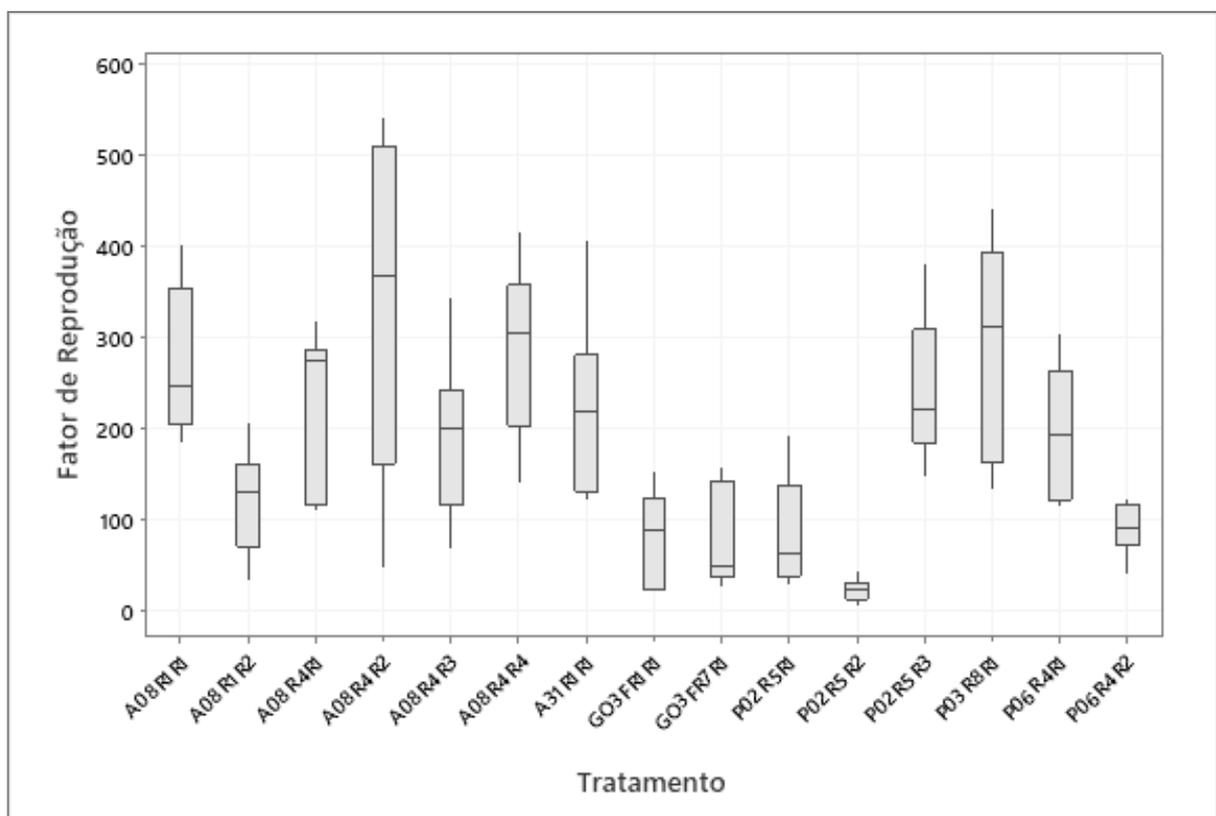


Figura 12 - Boxplots das médias do fator de reprodução das seis repetições (FR=PF/PI) por tratamento.

Há, portanto, a necessidade de estudos que contemplem esta interação entre as diferentes fontes de inóculo e os possíveis genótipos resistentes de goiabeira, levando-se em

conta aspectos de resistências qualitativa e quantitativa, já que alguns, apesar de permitirem a infecção e comportamento de bons hospedeiros consentindo altas taxas de reprodução do invasor, não tiveram prejuízos perceptíveis, até a data da avaliação, na sua produção de biomassa (Figura 12). Por outro lado, para o acesso A31R1R1 percebe-se que a infestação elevada causou perdas significativas no desenvolvimento e no caso em específico da progênie P02R5R2 há de se investigar também os motivos que a levaram, mesmo apresentando a menor taxa de reprodução, figurar entre os tratamentos de menor MFTP (Figura 13).

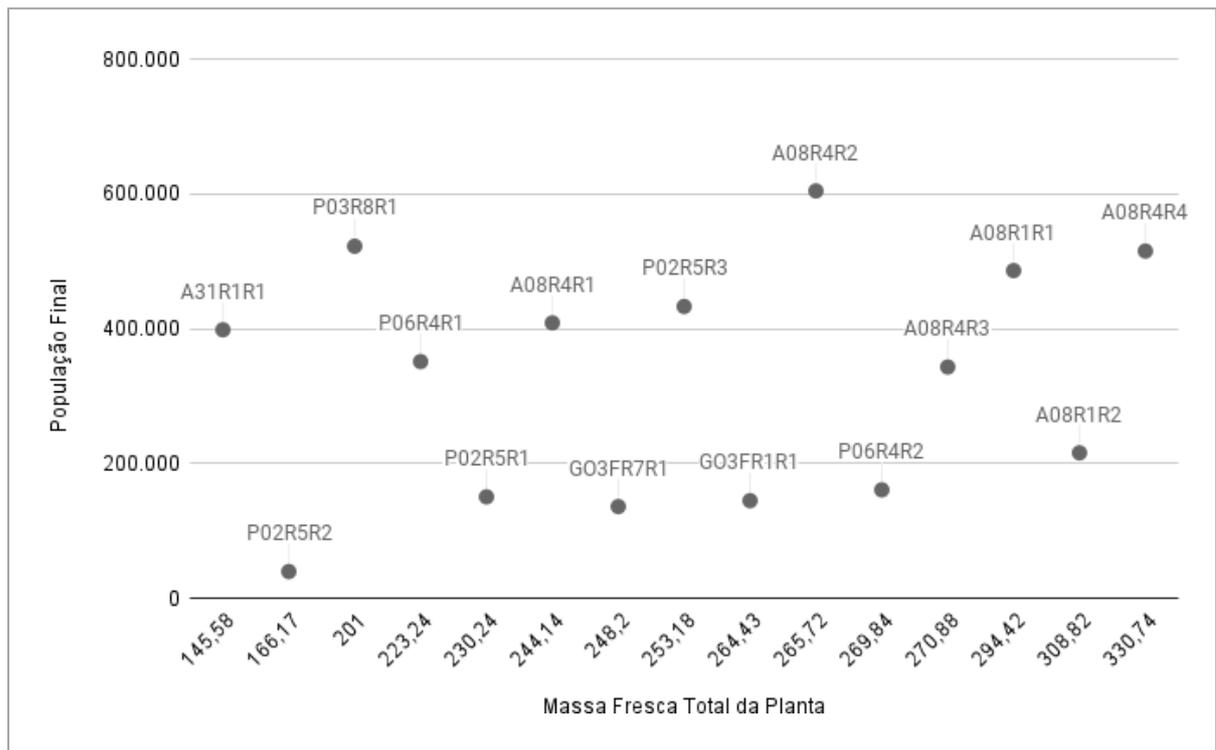


Figura 13 - Valores das médias de seis repetições da população final de *Meloidogyne enterolobii* (PF) x Massa fresca total da planta (MFTP) de cada genótipo de goiabeira.

Em virtude das características de manifestação da resistência, mesmo que moderada em alguns acessos, em que as plantas deixam-se infectar mantendo a população do parasita em níveis que não comprometam a produção ou ainda reduzindo o próprio crescimento para manter a meloidoginose em baixos níveis, pode-se considerar a hipótese de que a resistência presente nos genótipos de goiabeira estudados seja do tipo quantitativa ou horizontal. Este tipo de resistência genética das plantas ocorre por efeito secundário de um grande número de genes que agem coletivamente controlando as diversas respostas fisiológicas/bioquímicas do hospedeiro à presença do parasita (CAMARGO, 2018).

A infecção de plantas de goiabeira por *M. enterolobii*, duas décadas após a descoberta de sua presença causando sérios danos em pomares brasileiros, continua sendo um grande desafio para melhoristas e nematologistas, uma vez que para a espécie de *Psidium guajava* os

diversos estudos realizados ainda não encontraram genótipos com médias de $FR < 1$. É plausível que se adote uma estratégia para preservar plantas com algum grau de resistência ao parasita para estudos mais aprofundados, em suas características morfológicas, fisiológicas, metabólicas, epigenéticas, biofísicas e bioquímicas, com intuito de revelar os fatores que governam as interações entre os nematoides e a goiabeira, seu hospedeiro.

A opção de preservar a planta matriz que permanece sendo cultivada em vasos com substrato esterilizado, enquanto sua prole, multiplicada por miniestaquia, é inoculada com *Meloidogyne enterolobii* para ser avaliada quanto à resistência, conforme proposto neste trabalho, mostra-se como um método alternativo viável que pode ser empregado em estudos com genótipos de goiabeira. Não obstante, o método proposto por Miranda *et al.*, (2010), em que apenas a metade do sistema radicular das plantas é avaliado aos 135 dias quanto à população final de nematoides, permitindo o replantio e a clonagem daqueles genótipos que se mostraram mais eficientes, também pode ser uma boa tática na busca e seleção de exemplares de goiabeiras mais resistentes.

A identificação de acessos de goiabeiras resistentes, com capacidade de transmissão desse atributo genético, permanece como uma meta aspirada. Uma descoberta dessa magnitude, poderia resolver a questão da incompatibilidade entre plantas do gênero *Psidium* spp. ou híbridos interespecíficos com as variedades comerciais, tendo na miniestaquia uma aliada tanto na pesquisa voltada ao melhoramento, quanto na multiplicação do material, de forma a colocar esta tecnologia à disposição dos agricultores e promover a ampliação da área atualmente cultivada.

5 CONCLUSÕES

A progênie de Paluma P02R5R2 apresentou importante grau de resistência em relação aos demais tratamentos, revelando potencial diferenciado por se tratar de *P. guajava* comercial, reconhecidamente suscetível.

Novos estudos com este genótipo preservado devem ser realizados em vista de explicar quais fatores levaram este material genético a ser mais resistente que os demais examinados.

Também cabe analisar a reação dos tratamentos a fontes do *M. enterolobii* coletados em localizações geográficas distintas em razão da grande diferença de resposta que foi observada para os mesmos genótipos, quando avaliados com inóculos de dois locais.

REFERÊNCIAS

- ALFENAS, A.C.; ZAUZA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. Clonagem e doenças do eucalipto Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 442p.
- ALTOÉ, J. A.; MARINHO, C. S.; TERRA, M. I. C.; BARROSO, D. G. Propagação de araçazeiro e goiabeira via miniestaquia de material juvenil. **Bragantia**, Campinas, v. 70(2), p. 312-318, 2011.
- ALMEIDA, E. J.; SANTOS, J. M.; MARTINS, A. B. G. Flutuação populacional de *Meloidogyne enterolobii* em pomar de goiabeira (*Psidium guajava*). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34(3), p. 164-168, 2010.
- ALMEIDA, E. J.; WICKERT, E.; SANTOS, J. M.; MARTINS, A. B. G. Analysis of genetic variability of *Psidium* spp. (Myrtaceae) access evaluated for resistant to *Meloidogyne enterolobii*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34(2), p. 532-539, 2012.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, [S.L.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 14 fev. 2022.
- ALVES, J. E. e FREITAS, B. M. Requerimentos de polinização da goiabeira. **Ciência Rural**, v. 37, n. 5 p. 1281-1286, ago. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000500010>. Acesso em: 16 de mai. de 2022.
- ARAÚJO FILHO, J. V. DE; DALLAGNOL, L. J. Resistência de plantas a fitonematoides: importância, terminologia & aspectos biológicos. In: DALLAGNOL, L. J. (Org.) **Resistência genética: de plantas a patógenos**. 1. ed. Pelotas: UFPel. 2018. 437 p. E-book, Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/handle/prefix/4207>. Acesso em: 16 de maio de 2022.
- BIAZATTI, M. A.; SOUZA, R. M.; MARINHO, C. S.; GUILHERME, D. O.; CAMPOS, G. S.; GOMES, V. M.; BREMENKAMP, C. A. Resistência de genótipos de araçazeiros a *Meloidogyne enterolobii*. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 418-420, mar. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20140488>. Acesso em: 11 fev. 2022.
- BLOOM, A. J.; CHAPIN, F. S.; MOONEY, A. H. Resource Limitation in Plants-An Economic

Analogy. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 16, n. 1, p. 363-392, nov. 1985. Disponível em: Annual Reviews. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.es.16.110185.002051>. Acesso em: 08 mar. 2022.

BONETTI, J.I.S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, p.553,1981.

BURLA, R.S.; SOUZA, R.M.; GOMES, V.M.; CORRÊA, F.M. Comparação entre níveis de inóculo, épocas de avaliação e variáveis para seleção de *Psidium* spp. visando à resistência a *Meloidogyne mayaguensis*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.2, p.82-90, 2010. Disponível em: https://nematologia.com.br/files/revnb/34_2.pdf#page=10. Acesso em: 02 set. 2021.

CAMARGO, L. E. A. Controle Genético. In: AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M. & BERGAMIN FILHO, A. (eds). **Manual de Fitopatologia**. Volume 1 - Princípios e Conceitos. 5ª Edição. Editora Agronômica Ceres Ltda. Ouro Fino, 2018.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Primeiro Registro de *Meloidogyne mayaguensis* em Goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25(2), p. 223-228, 2001.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA M. R. A., COFCEWICZ E.T. MAGUNACELAYA, CASTRO, J.M.C., SANTOS, C. A. F., FLORI, J. E., SIQUEIRA, S. V. C., NOVAES, P. A. R.; LIMA, R. G. 2012. Major guava nematodes and control prospects using resistance on *Psidium* spp. and non-host crops. **Acta Horticulturae**, 959, p. 41-49. 2012.

CASTRO, J. M. C.; SANTOS, C. A. F.; FLORI, J. E.; SIQUEIRA, S. V. C.; NOVAES, P. A. R.; LIMA, R. G. Reaction of *Psidium* accessions to the *Meloidogyne enterolobii* root-knot nematode. **Acta Horticulturae**, 959, p. 51-57. 2012.

CASTRO, J. M. C.; RIBEIRO, J. M.; RIBEIRO JUNIOR, P. M.; ALMEIDA, E. J.; SOUSA, A. D.; OLIVEIRA, P. G. Reprodução do nematoide-das-galhas da goiabeira em acessos de *Psidium*. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, PI, v. 1, p. 149-154. 2017.

CASTRO, J. M. C. *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. **Embrapa**

Semiárido - Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 40, p. 41-48. 2019.

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, 1972, 77p.

COSTA FILHO, J. H.; QUEIROZ, M. A.; CASTRO, J. M. C.; FONTES, L. O.; PRESTON, H. F.; SANTOS, T. S.; CARVALHO, N. F. O.; SILVA, S. C. A.; SANTOS, M. F.; CANDIDO, D. Reaction of watermelon accessions to *Meloidogyne enterolobii*. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13(37), p. 1948-1953, 2018.

CAVALCANTI JUNIOR, E.A.; MORAES FILHO, R.M.; ROSSITER, J.G.A.; MONTARROYOS, A.V.V.; MUSSER, R.S.; MARTINS, L.S.S. Reaction of genotypes of the genus *Psidium* spp. to *Meloidogyne enterolobii*. **Summa Phytopathologica**, v.46, n.4, p.333-339, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/193123>. Acesso em: 03 de set. 2021.

FACHINELLO, J. C.; HOFFMANN, A.; NACHTIGAL, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221 p.

FERRIANI, A. P.; ZUFFELLATO-RIBAS, K. C.; WENDLING, I. Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agro@mbiente On-Line**, [S.L.], v. 4, n. 2, p. 102-109, dez. 2010. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/877219/1/APIIvar.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2022.

FLORI, J. E.; SANTOS, C. A. F.; PINTO, J. M. Propagação Vegetativa de Goiabeira por Enraizamento de Estacas. **Circular Técnica 109**, Petrolina, PE, n. 1ª, p. 4, jul. 2015. ISSN 1808-9976.

FREITAS, J. A. A.; MARINHO, C. S.; FREITAS, I. L. J. Goiabeiras Paluma, Pedro Sato e Cortibel 6 propagadas por miniestaquia e miniestaquia seriada. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1351-1356, ago. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000800002>. Acesso em: 06 fev. 2022.

FREITAS, V.M.; CORREA, V.R.; MOTTA, F.C.; SOUSA, M.G.; GOMES, A.C.M.M.; CARNEIRO, M.D.G.; SILVA, D.B; MATTOS, J.K.; NICOLE, M.; CARNEIRO, R.M.D.G. Resistant accessions of wild *Psidium* spp. to *Meloidogyne enterolobii* and histological

characterization of resistance. **Plant Pathology**, v. 63, p.738-746. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/ppa.12149>. Acesso em 03 de set. 2021.

GOMES, V.M.; SOUZA, R. M.; MUSSI□DIAS, V.; SILVEIRA, S. F. D.; DOLINSKI, C. Guava decline: a complex disease involving *Meloidogyne mayaguensis* and *Fusarium solani*. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v.159, n.1, p.45- 50, 2011.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M.; TEIXEIRA, A.H.C.; MOURA, M.S.B. Goiaba: produção: aspectos técnicos. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 2001. 72p.

GONZAGA NETO, L. **Produção de goiaba**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2007.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. SIDRA, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/> Acesso em: 15 fev. 2022.

LANDAU, E. C.; MARTINS, J. L. A.; SILVA, G. A. da. Evolução da Produção de Goiaba (*Psidium guajava*, Myrtaceae). In: **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: Produtos de Origem Vegetal**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2020. v. 2, p. 839 - 868 E-book. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1122548>. Acesso em 18 de maio de 2022.

MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; FERRAZ, L. C. C. B. (Org.) Métodos em Nematologia Agrícola. 1. ed. Piracicaba. Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. 184 p. E- book. Disponível em: <http://nematologia.com.br/files/livros/book5.pdf>. Acesso em 28 de março de 2022.

MARINHO, C. S.; MILHEM, L. M. A.; ALTOÉ, J. A.; BARROSO, D. G.; POMMER, C. V. Propagação da goiabeira por miniestaquia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31(2), p. 607-611, 2009.

MIRANDA, G. B.; SOUZA, R. M.; GOMES, V. M.; VIANA, A.P. Assessment of Methods and Criteria for Screening *Psidium* spp. for Resistance to *Meloidogyne enterolobii*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34(4), p. 211-219, 2010. Disponível em: https://nematologia.com.br/files/revnb/34_4.pdf#page=25. Acesso em: 14 de mar. 2022.

MIRANDA, G. B.; SOUZA, R. M.; GOMES, V. M.; FERREIRA, T. F.; ALMEIDA, A. M.

Avaliação de acessos de *Psidium* spp. quanto à resistência a *Meloidogyne enterolobii*.

Bragantia, Campinas, v. 71(1), p. 52-58, 2012.

MOURA, R.M.; RÉGIS, E.M.O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.11, p.215-225, 1987.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D. Goiabeira. In: CRISÓSTOMO, L. A.; NAUMOV, A (Org). Adubando para alta produtividade e qualidade: fruteiras tropicais do Brasil. 1ª. ed. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2009, p. 104-121.

OLIVEIRA, P. G.; QUEIRÓZ, M. A.; CASTRO, J.M.C.; RIBEIRO, J.M.; OLIVEIRA, R. S.; SILVA, M. J. L. Reaction of *Psidium* spp. accessions to different levels of inoculation with *Meloidogyne enterolobii*. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32(2), p. 419-428, 2019.

OLIVEIRA, M. L. F.; PEREIRA, T. N. S.; BARBOSA, R. M.; VIANA, A. P. Analysis of the reproduction mode in *Psidium* spp. using the pollen:ovule ratio. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 43, n. 1, p. e44062, 14 ago. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.44062>. Acessado em: 16 de ago. de 2021.

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. 1966.

PEREIRA, F. M.; NACHTIGAL, J. C. Melhoramento da Goiabeira. In: BRUCKNER, C.H. (Org). Melhoramento de fruteiras tropicais. 1. ed. Viçosa, MG: Editora da Universidade Federal de Viçosa, 2002. p. 267-289.

PEREIRA, F. O. M.; SOUZA, R. M.; SOUZA, P. M.; DOLINSKI, C.; SANTOS, G. K. Estimativa do impacto econômico e social direto de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.33(2), p.176-181, 2009.

PEREIRA, F. M.; KAVATI, R. Contribuição da pesquisa científica brasileira no desenvolvimento de algumas frutíferas de clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal: FapUNIFESP v. 33, n. 1, p. 92-108, out. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500013>. Acesso em: 22 maio 2020.

- PEREIRA, F. M.; USMAN, M.; MAYER, N. A.; NACHTIGAL, J. C.; MAPHANGA, O. R. M.; WILLEMSE, S. Advances in guava propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39(4), 24p. 2017.
- POMMER, C. V.; MURAKAMI, K. R. N.; WATLINGTON, F. Goiaba no mundo. **O Agrônômico**, Campinas, v. 58, p. 22-26, 2006.
- POMMER, C. V.; OLIVEIRA, O. F. de.; SANTOS, C. A. F. **Goiaba: Recursos Genéticos e Melhoramento**. 1. ed. Mossoró: EDUFERSA. 2013. 126 p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/261633599>. Acessado em: 20 de jul. 2021.
- RIBEIRO, C. A goiabada vence a crise: gigante brasileira espera crescer 20%. **Globo Rural: Empresas & Negócios**. 2018. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Empresas-e-Negocios/noticia/2018/07/goiabada-vence-crise-gigante-brasileira-espera-crescer-20porcento.html>. Acesso em: 18 de maio de 2022.
- RIBEIRO, J. M.; CASTRO, J. M. C.; PINTO, M. S. T.; FERNANDES, K. V. S.; SCORTECCI, K. C.; PEDROSA, E. M. R. **Recursos genéticos, biológicos e bioquímicos para o manejo de *Meloidogyne enterolobii* em goiabeira**. 1.ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2018. 25p. E-book. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190234/1/SDC286.pdf>. Acesso em: 21 maio 2020.
- ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em olerícolas e plantas utilizadas na adubação verde. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 826-835, 2015.
- SAMPAIO, A. C.; FUMIS, T. D. F.; LEONEL, S. Propagação. *In*: SAMPAIO, A. C. **Goiaba: do plantio à comercialização**. Campinas, SP: Manual Técnico 78 CATI, 2011. p. 18-22.
- SASSER, J. N.; CARTER, C. C.; HARTMAN, K. M. **Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes**. Raleigh: North Caroline State University Graphics, 1984. 7 p.
- SILVA, G. S.; KRASUSKI, I A. Reação de algumas espécies frutíferas tropicais a *Meloidogyne enterolobii*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 36, p.1-2, 2012.
- SILVA, J. C. P.; TERRA, W. C.; FREIRE, E. S.; CAMPOS, V. P.; CASTRO, J. M. C. Aspectos

gerais e manejo de *Meloidogyne enterolobii*. In: SILVA, J. C. P. D. **Sanidade de raízes**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2014. p. 59-77.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). **North Carolina State University Graphics**, Raleigh, p.111, 1978. Disponível em: https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAK809.pdf. Acesso em 10 out. 2021.

TRUDGILL, D.L. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. **Annual Review of Phytopathology**, v. 29, p. 167-192, 1991.

VELOSO, J. S.; CÂMARA, M. P. S.; SOUZA, R. M. Guava decline: updating its etiology from ‘*Fusarium solani*’ to *Neocosmospora falciformis*. **European Journal of Plant Pathology**, v. 159, n. 2, p. 455–460, 2020.