

MULTIPLICAÇÃO CLONAL E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS
RESISTENTES A *Meloidogyne enterolobii* EM FAMÍLIAS
SEGREGANTES DE *Psidium* spp.

SYDNEY PEREIRA GALVÃO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES
OUTUBRO – 2021

MULTIPLICAÇÃO CLONAL E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS
RESISTENTES A *Meloidogyne enterolobii* EM FAMÍLIAS DE
HÍBRIDOS DE *Psidium* spp.

SYDNEY PEREIRA GALVÃO

“Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Sales Marinho

CAMPOS DOS GOYTACAZES

OUTUBRO – 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pelo autor.

G182

Galvão, Sydney Pereira.

MULTIPLICAÇÃO CLONAL E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS RESISTENTES A *Meloidogyne enterolobii* EM FAMÍLIAS SEGREGANTES DE *Psidium* spp. / Sydney Pereira Galvão. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

66 f. : il.

Bibliografia: 54 - 66.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.
Orientadora: Claudia Sales Marinho.

1. Estaquia herbácea. 2. Miniestaquia. 3. *Psidium cattleianum*. 4. *Psidium guinense*. 5. Híbridos interespecíficos. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

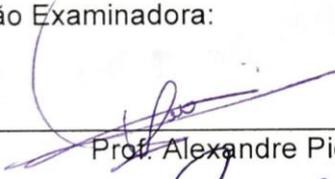
MULTIPLICAÇÃO CLONAL E SELEÇÃO DE GENÓTIPOS RESISTENTES A
Meloidogyne enterolobii EM FAMÍLIAS DE HÍBRIDOS DE *Psidium* spp.

SYDNEY PEREIRA GALVÃO

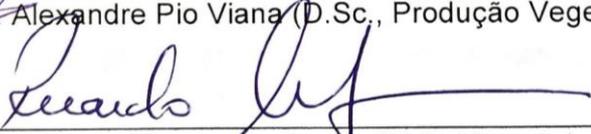
"Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal".

Aprovada em 25 de outubro de 2021.

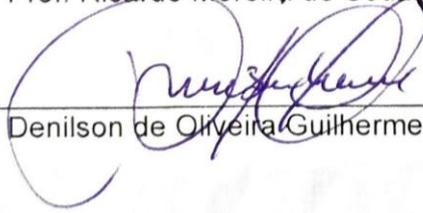
Comissão Examinadora:



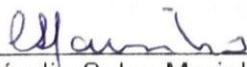
Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF



Prof. Ricardo Moreira de Souza (PhD, Fitopatologia) – UENF



Prof. Denilson de Oliveira Guilherme (D.Sc., Produção Vegetal) - UCDB



Prof.ª Cláudia Sales Marinho (D.Sc., Fruticultura) – UENF
(Orientadora)

DEDICATÓRIA

A Deus

Aos meus pais, Rosa Pereira e Aldir Galvão.

À minha irmã, Renata Galvão.

E a todos que me auxiliaram durante a jornada.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Nosso Senhor Jesus Cristo, por toda proteção, que todos os dias me cobre com suas bênçãos para que eu possa seguir firme em busca dos meus objetivos;

À minha orientadora, Professora Cláudia Sales Marinho, pela orientação, disponibilidade, confiança e valiosos ensinamentos;

À banca examinadora de defesa de dissertação, pela disponibilidade de participação e as sugestões visando à qualidade deste trabalho;

Agradeço a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro pela oportunidade de realizar o curso e por toda a infraestrutura que me foi disponibilizada. Ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, e aos professores da UENF pelos ensinamentos passados ao longo dos dois anos do mestrado;

Aos técnicos em agropecuária Detony Petri, Guilherme Ribeiro e aos funcionários da Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP), pela ajuda no decorrer do experimento;

Ao setor de nematologia da UENF, por toda ajuda em parte das análises deste trabalho, principalmente aos colegas Mariana Mangeiro e José Olívio;

A Mariana Barreto, Raudielle Santos e Giuliana Vaz, pela amizade, conselhos e ajuda durante todo o trabalho. E, a todos do laboratório de fitotecnia;

Ao CNPq e FAPERJ, pela concessão da bolsa de apoio à pesquisa;

Aos amigos que me acompanharam desde o Ceará, até aos novos que encontrei aqui em Campos, e a todos que torceram e contribuíram direta ou indiretamente com essa e outras conquistas alcançadas em minha vida, deixo aqui a minha gratidão!

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
3.1. Aspectos gerais de <i>Psidium</i>	5
3.2. Importância econômica da goiabeira e araçazeiros	7
3.3. Declínio da goiabeira	8
3.4. Propagação	10
3.5. Herança da resistência a <i>Meloidogyne enterolobii</i> em genótipos de <i>Psidium</i>.....	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1. Material Genético	18
4.2. Semeadura	19
4.3. Multiplicação do Material Genético e transplântio das famílias <i>P. guajava</i> x <i>P. cattleianum</i> (FA121) e <i>P. cattleianum</i> x <i>P. guineense</i> (FA29).20	20
4.4. Obtenção das mudas de goiabeira enxertadas sobre um <i>pool</i> de híbridos derivados do cruzamento de primeira geração de híbridos de <i>P. guineense</i> x <i>P. cattleianum</i> (FA3).....	21
4.5. Inoculação com <i>Meloidogyne enterolobii</i>.....	23
4.6. Desenho Experimental	23
4.7. Avaliações	23
4.7.1 Extração e contagem de ovos e juvenis	24

4.7.2 Estabelecimento do fator de reprodução (FR) e percentual de redução do FR (PR%).....	24
4.7.3 Avaliações da raiz e parte aérea da planta.....	25
4.7.4 Índice de clorofila.....	25
4.8. Análise estatística.....	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Classificação das plantas quanto à resistência a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	27
5.2 Número de ovos/grama de raiz, fator de reprodução e percentual de redução do FR (%) de três famílias de <i>Psidium</i>	42
5.3 Análises de características biométricas.....	44
5.4 Análise de Índice SPAD.....	47
6. RESUMO E CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

RESUMO

GALVÃO, Sydney Pereira. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Outubro de 2021. Multiplicação clonal e seleção de genótipos resistentes a *Meloidogyne enterolobii* em famílias de híbridos de *Psidium* spp. Orientadora: Cláudia Sales Marinho.

A goiaba é uma das frutas de maior importância comercial da família Myrtaceae, sendo bastante apreciada para consumo *in natura* ou industrialização. Todavia, a goiabeira é suscetível ao nematoide *Meloidogyne enterolobii*, que tem se mostrado um fator limitante para longevidade de pomares e aumentado os riscos para novos plantios. A busca pela resistência ao nematoide tem direcionado trabalhos de melhoramento genético com a finalidade de gerar variedades com características desejáveis de frutos e resistência a esse estresse biótico de solo. O objetivo desse trabalho foi efetuar um novo ciclo de seleção para resistência ao nematoide *M. enterolobii* em famílias de híbridos gerados por cruzamentos interespecíficos e, ao mesmo tempo, fixar essa característica por meio de clonagem prévia de cada genótipo avaliado. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com três tratamentos, 12 repetições e número variável de plantas por parcela. Duas famílias originárias da autofecundação de flores de híbridos provenientes dos cruzamentos entre *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) e entre *P. cattleianum* x *P. guineense* (FA29) constituíram dois tratamentos. Cada um dos genótipos das referidas famílias foi propagado por sementes e as plântulas foram

clonadas por miniestaquia. O terceiro tratamento foi constituído por mudas da goiabeira 'Paluma' enxertadas sobre um *pool* de indivíduos derivados do cruzamento de primeira geração de híbridos entre *P. guineense* x *P. cattleianum* (FA3) e clonados por estaquia herbácea, assim como a goiabeira 'Paluma', que foi utilizada como padrão de avaliação da viabilidade do inóculo. Todas as mudas foram transplantadas para vasos de cinco litros e, ao atingirem 6 a 8 pares de folhas, foram inoculadas com suspensão aquosa de *M. enterolobii* contendo 2.000 ovos e J₂. Após esse período, as plantas foram avaliadas por método destrutivo tendo seu sistema radicular processado para retirada dos ovos e J₂. As plantas foram classificadas como resistentes ou suscetíveis a *M. enterolobii* de acordo com o fator de reprodução (FR) e percentual de redução do FR (PR). Nas plantas da FA121, sete a nove genótipos foram classificados como resistentes pelo FR ou pelo PR, respectivamente, enquanto na FA29 os números variaram entre 22 e 23 pelos mesmos respectivos métodos de classificação. Na FA3 apenas uma planta foi considerada resistente pelos dois métodos de classificação, reforçando a variabilidade entre genótipos de um mesmo cruzamento. Dessa forma, os genótipos previamente clonados e classificados como resistentes ao nematoide tiveram essa característica fixada e poderão continuar a ser avaliados quanto ao seu potencial para uso como copas comerciais ou porta-enxertos. O manejo adotado na condução do experimento resultou em plantas com parte aérea de aspecto saudável, mesmo aquelas com alto FR, o que pôde ser corroborado pelos índices de clorofila monitorados por SPAD até 135 após a inoculação. Todo o manejo experimental de clonagem das mudas e adubação das plantas adotado nesse trabalho pode ser indicado para condução de novos trabalhos dessa natureza.

Palavras-chave: Estaquia herbácea, Miniestaquia, *Psidium cattleianum*, *P. guineense*, Híbridos interespecíficos.

ABSTRACT

GALVÃO, Sydney Pereira. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. October, 2021. Clonal multiplication and selection of genotypes resistant to *Meloidogyne enterolobii* in *Psidium* spp. hybrid families. Advisor: Cláudia Sales Marinho.

Guava is one of the most commercially important fruits of the Myrtaceae family, being highly appreciated for *in natura* consumption or industrialization. Nevertheless, guava is susceptible to the nematode *Meloidogyne enterolobii*, which has proven to be a limiting factor for the longevity of orchards and increased the risks for new plantings. The search for resistance to nematode has guided breeding work towards the purpose of generating varieties with desirable fruit characteristics and resistance to this biotic soil stress. The objective of this work was to carry out a new selection cycle for resistance to the nematode *M. enterolobii* in families of hybrids generated by interspecific crosses and, at the same time, to fix this characteristic by means of prior cloning of each genotype evaluated. The experimental design adopted was completely randomized, with three treatments, 12 replications and a variable number of plants per plot. Two families originated from the self-pollination of flowers of hybrids from crosses between *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) and between *P. cattleianum* x *P. guineense* (FA29) made up two treatments. Each of the genotypes of the referred families was propagated by seeds and the seedlings were cloned by minicutting. The third treatment consisted

of guava 'Paluma' seedlings grafted onto a *pool* of individuals derived from the first generation hybrid cross between *P. guineense* x *P. cattleianum* (FA3) and cloned by herbaceous cuttings, as well as the guava 'Paluma' which was used as a standard for evaluating inoculum viability. All seedlings were transplanted into five-liter pots and, when they reached 6 to 8 pairs of leaves, were inoculated with an aqueous suspension of *M. enterolobii* containing 2,000 eggs and J₂. After this period, the plants were evaluated by a destructive method, and their root system was processed to remove the eggs and J₂. Plants were classified as resistant or susceptible to *M. enterolobii* according to reproduction factor (RF) and percentage of RF reduction (PR). In FA121 plants, seven to nine genotypes were classified as resistant by RF or PR, respectively, while in FA29 the numbers ranged between 22 and 23 by the same respective classification methods. In FA3, only one plant was considered resistant by the two classification methods, reinforcing the variability between genotypes of the same cross. Thus, genotypes previously cloned and classified as resistant to the nematode had this characteristic fixed and may continue to be evaluated for their potential for use as commercial scions or rootstocks. The management adopted in the experiment resulted in healthy-looking plants, even those with high RF, which was borne out by the chlorophyll contents monitored by SPAD until 135 after inoculation. All the experimental management of seedling cloning and plant fertilization adopted in this work can be recommended for further studies of this nature.

Keywords: Herbaceous cuttings, minicuttings, *Psidium cattleianum*, *P. guineense*, interspecific hybrids.

1. INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma das frutas de maior importância comercial da família Myrtaceae, sendo adaptada ao cultivo em climas tropicais e subtropicais. Seus frutos são muito apreciados por serem saborosos, ricos em vitamina C, minerais e princípios ativos medicinais, podendo ser utilizados para diversos fins, tanto para industrialização quanto para o consumo ao natural (Franzon et al., 2009; Pereira et al., 2016).

O cultivo dessa planta ocorre em grande parte do mundo, tendo importância econômica e social em diversos países, como na Índia, Paquistão, China e Brasil, que figuram como os maiores produtores mundiais de goiaba (Altendorf, 2018). No Brasil, as regiões Nordeste e Sudeste possuem as maiores produções, destacando-se os estados de Pernambuco e São Paulo (IBGE, 2021).

Problemas fitossanitários são comuns em qualquer cultura. Na goiabeira, o mais relevante é o declínio da goiabeira, devido à falta de medidas de manejo que sejam eficazes no controle da doença, limitando assim, a expansão da atividade (Cardoso et al., 2017; Correia et al., 2019). Nesta doença, o fitonematoide *Meloidogyne enterolobii* presente no solo pode colonizar as raízes e torná-las mais vulneráveis ao parasitismo pelo fungo *Neocosmospora falciformes*, o que classifica a doença como complexa (Gomes et al., 2011).

Como consequência dos danos ao sistema radicular, ocorrem sintomas como deficiências nutricionais, cloroses, queimadura dos bordos foliares e queda de folhas, redução da produtividade e morte da planta e extinção de pomares,

causando sérios prejuízos financeiros em várias regiões do Brasil (Gomes et al., 2011; Castro et al. 2017; Gomes et al., 2017; Souza et al. 2018). Um dos sintomas, a clorose foliar, pode ser quantificada por meio do índice relativo de clorofila (SPAD). Silva et al. (2020) mostraram que folhas de goiabeiras cultivadas em substratos contaminados com *M. enterolobii* tiveram valores de SPAD menores quando comparados às que foram cultivadas em substratos livres do patógeno.

O melhoramento genético é a estratégia mais sustentável para cultivo em locais contaminados ou sob risco de contaminação com o nematoide. Alguns araçazeiros possuem resistência comprovada ao nematoide, o que tem direcionado vários cruzamentos interespecíficos buscando-se ampliar a variabilidade e possibilitar a seleção de híbridos para uso como copas ou porta-enxertos para a goiabeira (Carneiro et al., 2007; Costa et al., 2012; Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016; Castro et al., 2017). Não há relatos de resistência a *M. enterolobii* em variedades de goiabeiras (Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016), e a goiabeira 'Paluma' tem sido utilizada como padrão de suscetibilidade em estudos para comparação da resistência entre novos genótipos (Miranda et al., 2012; Castro et al., 2017).

O BRS Guaraçá é um híbrido entre *P. guajava* x *P. guineenses* e consta como único material registrado como porta-enxerto para a goiabeira (MAPA, 2021). Até o momento, é a única cultivar que apresenta essa resistência, demonstrando que existe necessidade de aumentar a variabilidade de materiais genéticos tanto para porta-enxertos como para copas comerciais.

Uma vez que a propagação dessas duas espécies ocorre, na grande maioria, por via seminífera e que estas são de polinização aberta, espera-se segregação dos alelos de resistência ao nematoide também entre genótipos da mesma espécie. Essa possibilidade foi registrada em estudos que mostram variação intraespecífica da resistência a *M. enterolobii* encontrando-se genótipos susceptíveis ou resistentes dentro das espécies *P. guineenses* ou *P. cattleianum* (Costa et al., 2012; Miranda et al., 2012).

Baseando-se em híbridos *P. guineense* x *P. guajava*, Costa et al. (2012) concluíram que a resistência a *M. enterolobii* é monogênica dominante. Entretanto, estudos com *P. guajava* x *P. cattleianum* e *P. cattleianum* x *P. guineense* indicaram uma herança poligênica (Gomes et al., 2017). Essas diferenças entre resultados aumentam a estimativa da complexidade na obtenção da resistência entre

cruzamentos diversos. Dessa forma, meios-irmãos originários de cruzamentos direcionados ou por autofecundação podem apresentar diferenças em relação à resistência, levando à necessidade de uma clonagem anterior à avaliação da resistência, posto que essa é realizada por método destrutivo. Uma vez que a clonagem por miniestaquia de material juvenil de *Psidium* resulta em alto percentual de enraizamento, esta técnica pode ser utilizada para esse propósito (Altoé e Marinho, 2012). Com a clonagem prévia, ao se identificar um indivíduo resistente após avaliação destrutiva é possível recorrer ao minijardim multiclonal e resgatar o mesmo indivíduo para continuidade do trabalho de melhoramento.

2. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- Efetuar um novo ciclo de seleção de indivíduos resistentes ao nematoide *M. enterolobii* em famílias geradas por três híbridos obtidos por cruzamentos interespecíficos;
- Usar nova metodologia para clonagem de todos os genótipos, anteriormente à inoculação com o nematoide, a fim de que a resistência genética identificada em novos indivíduos possa ser assegurada;
- Identificar alterações em características biométricas e mudanças nos índices SPAD em plantas inoculadas com *Meloidogyne enterolobii*.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos gerais de *Psidium*

O gênero *Psidium* pertence à família Myrtaceae e agrupa cerca de 92 espécies. A espécie *P. guajava* se destaca por englobar a goiabeira e suas variedades comercialmente cultivadas. Araçazeiros também produzem frutos comestíveis e há cultivares comerciais. Os araçazeiros mais conhecidos e disseminados pertencem às espécies *P. cattleianum* e *P. guineense*, originárias de regiões tropicais da América (Govaerts et al., 2011). As espécies da família Myrtaceae possuem número básico de cromossomos $x = 11$, geralmente diploides, com exceções em *P. acutangulum* e *P. cattleianum*, ambas tetraploides $2n = 4x = 44$ (Costa e Forni-Martins, 2006; Souza et al., 2014). Entretanto, outras espécies no gênero *Psidium* podem apresentar diferentes números de cromossomos (Souza et al., 2014).

O gênero *Psidium* tem distribuição extensa no continente americano, indo desde o Sul do México e Caribe, até o Norte da Argentina. No Brasil ocorre nas regiões Norte (Acre, Amazonas, Amapá, Pará), Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Sergipe), Centro-Oeste (Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso), Sudeste (Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Santa Catarina) (Flora do Brasil, 2020).

O nome *Psidium* significa triturar, esmagar, morder, referindo-se aos frutos de sabor agradável da planta. Provém de *Psidion*, que é a denominação em grego

da romã, com a qual os frutos desse gênero se parecem, devido à forma e à presença de cálice persistente em forma de coroa apical (Di Stasi e Hiruma-Lima, 2002).

As espécies silvestres de *Psidium*, produtoras de frutos comestíveis, de uma forma geral, são classificadas como araçás com algumas variações regionais no que se refere ao nome popular. O nome araçá vem do tupi *ara'sa*, ou do guarani *ara* (céu), e *aza* (olho), que significa fruta com olhos ou olhos do céu (Franzon, 2009). Os araçazeiros possuem em sua composição substâncias antioxidantes e óleos essenciais (Franzon et al., 2009).

Entre as espécies de araçazeiros, o *Psidium cattleianum* é uma espécie tropical chamada popularmente de goiaba morango (strawberry guava), goiaba chinesa, goiaba cereja, goiaba roxa, waiawi, guayaba ou araçá. Essa planta é nativa da costa atlântica do Brasil. Entretanto, agora é encontrada também em outros países tropicais, como Havaí e ilhas do Caribe (Patel, 2012). O arbusto ou árvore atinge a altura de 1,8 a 4 metros, possui galhos lisos e resistentes; as folhas são perenes, simples e opostas, com flores isoladas lustrosas, resistentes, glabras e de formato obovado ou elípticas; os frutos são abundantes, pequenos, com a polpa translúcida, formato obovado e com cor púrpura ou amarelo claro e inúmeras sementes, de sabor doce-ácido muito agradável (Pommer e Murakami, 2009; Mani et al., 2011; Patel, 2012).

Psidium guineense (araçá) é um arbusto ou uma árvore pequena, que atinge até seis metros de altura; as inflorescências, durante o crescimento inicial são cobertas com pelos marrom-avermelhados, variando para cinza-amarelados, com cerca de 0,3 a 0,5 mm de comprimento (Landrum et al., 1995; Mani et al., 2011). Os brotos são aveludados, as vezes glabros; a casca mais antiga é geralmente polida, escamosa e resistente; as folhas são largas, coriáceas e de formato elíptico, elíptico-oblongo ou obovado, com comprimento de 4 a 11,5 cm por 1 a 2 cm de largura e nervuras laterais são em números de 1 a 10; o fruto é globoso, podendo ser também elipsoidal ou piriforme, amarelo, corado com os remanescentes das sépalas (Landrum et al., 1995; Pommer e Murakami, 2009; Mani et al., 2011).

Psidium guineense teve como ponto de origem a América do Sul (Vieira et al., 2010), todavia, há poucas informações sobre a diversidade e estrutura genética

das populações dessa espécie demandando mais pesquisas sobre ela (Silva et al., 2016).

Há ainda outras espécies de araçazeiros que são menos conhecidas, como o *P. friedrichsthalianum* e *P. myrtoides*, que estão ganhando importância em função de sua resistência a *M. enterolobi*. Marques e Pimentel (2012) verificaram que em *P. myrtoides* e em *P. friedrichsthalianum* também foi encontrada resistência a *M. enteorolobii* (Chiamorela et al., 2018).

3.2. Importância econômica da goiabeira e araçazeiros

A produção de goiabas ocorre em grande parte do mundo, tendo importância na balança comercial, principalmente dos maiores produtores. Os principais países produtores são Índia, Paquistão, China, Brasil e Indonésia. Assim, destaca-se o continente asiático, com a Índia sendo classificada como a nação que mais produz goiaba, respondendo por 56% da produção global total em 2017, tendo uma produção estimada de 6,5 milhões de toneladas naquele ano (Altendorf, 2018).

Além dos países asiáticos anteriormente citados, o Brasil tem destaque no cenário mundial em relação à produção de goiaba, havendo pomares que se estendem por todo o território nacional. Portanto, é uma cultura que tem destaque na economia rural do país com produção de 584.223 toneladas no ano de 2019, com um valor estimado de R\$ 926.936.000,00 ainda que a área cultivada no Brasil seja de apenas 22.128 ha, evidenciando também uma alta produtividade (IBGE, 2021).

No país, a goiabeira vem sendo cultivada em todas as regiões, mas a produção mais significativa está nas regiões Nordeste e Sudeste com 292.887 t e 239.804 t produzidas, respectivamente. Nessas regiões também são vistos os melhores valores de produtividade. Apesar dessa abrangência de distribuição no país, os estados brasileiros com maior relevância para a produção dessa fruta são: Pernambuco, com 210.512 t (equivalente a 36,03% da participação no total da produção nacional), seguido por São Paulo, com 194.002 t (33,2%). Os dois estados, citados anteriormente, somam quase 70% da produção nacional, sendo as nossas principais referências. Com uma produção de 20.785 t, (3,55% da produção nacional), o estado do Rio de Janeiro aparece na quinta posição entre os principais produtores (IBGE, 2021).

Essa fruta é bastante apreciada pelo seu sabor e aroma característicos, por possuir alto valor nutritivo, com elevados teores de vitamina C (níveis de quatro a cinco vezes superiores aos da laranja), ser fonte de vitaminas A e B, conter 8 compostos fenólicos (ascorbato, β -caroteno, licopeno e outros antioxidantes) (Oliveira et al., 2012).

Embora as outras espécies do gênero também tenham potencial para exploração econômica, podendo ser usadas para comercialização dos frutos em algumas regiões, a goiabeira é praticamente a única que apresenta expressão econômica no contexto da fruticultura nacional (Bezerra et al., 2006).

Informações relativas ao cultivo do araçazeiro, beneficiamento da sua polpa pela indústria, custos da sua produção, ainda são bem poucas, se comparadas àquelas disponíveis para a goiaba (Bezerra et al., 2006; Santos et al., 2007). No Brasil, apenas duas cultivares de *P. cattleianum* são conhecidas: a 'Ya-cy' e a 'Irapuã'. A primeira cultivar é uma planta de pequeno porte e produtora de frutos de excelentes características sensoriais que produz frutos de película amarela, com peso de 15 a 20g, de sabor doce, baixa acidez e produção total de 4kg de frutos/planta/ano em até três colheitas (dezembro a fevereiro/março a abril/maio) (Zanela et al., 2012; Hossel et al., 2017). A 'Irapuã' tem produção iniciada dois anos após o plantio e possui frutos de película roxo-avermelhada, tamanho médio a grande e sabor mais ácido com leve adstringência, sendo mais adequada à produção de doce em pasta do que ao consumo como fruta fresca, com início de produção em fevereiro (Raseira e Raseira, 2000; Frazon et al., 2009).

Dessa forma, o araçazeiro é explorado de forma extrativista e tem sido mencionado como uma espécie potencialmente relevante devido às características que seus frutos possuem, como sabor exótico, altos teores de vitamina C e com boa chance de aceitação pelos consumidores (Franzon et al., 2009).

3.3. Declínio da goiabeira

O estabelecimento de um pomar comercial de goiaba ocorre por meio de mudas oriundas de propagação vegetativa, principalmente por meio da estaquia de variedades comerciais. Esta forma de produção torna o plantio arriscado ao gerar uma população homogênea. O risco foi comprovado uma vez que a goiabeira se mostrou suscetível ao Declínio, doença causada pela interação sinérgica entre o

fitonematoide *Meloidogyne enterolobii* e o fungo *Neocosmospora falciformes* (Gomes et al., 2011).

Meloidogyne enterolobii é um fitonematoide presente nos solos brasileiros e foi registrado pela primeira vez em Petrolina - PE (Carneiro et al. 2001). Essa ocorrência pode estar relacionada a grandes inundações que ocorreram naquela época na região (Castro, 2019). Há informações da presença deste nematoide em diversas áreas de plantios comerciais de goiabeira em todo país (Silva e Oliveira, 2010). Em estudos realizados na região Norte Fluminense do estado do Rio de Janeiro, foi verificado que áreas infestadas com este nematoide se tornaram menos produtivas e rentáveis (Pereira et al., 2009).

O declínio da goiabeira constitui um grave problema fitossanitário, sendo responsável pela erradicação de inúmeros pomares (Gomes, 2011). Os sintomas do declínio estão atribuídos à ação sinérgica de dois organismos, sendo que o parasitismo inicial do nematoide predispõe as plantas, subsequentemente, à intensa degeneração radicular pelo fungo, tornando mais difícil o controle da doença (Gomes et al., 2011).

O parasitismo pelo fitonematoide *M. enterolobii* leva goiabeiras que eram imunes ao fungo *Neocosmospora falciformis*, a ficarem suscetíveis a esse ataque, que em apenas alguns meses, causa extensas degradações das raízes, levando a deficiências nutricionais, cloroses, queima das folhas, queda de folhas, declínio drástico no rendimento e morte de plantas, em um processo irreversível (Gomes et al., 2014; Gomes et al., 2017).

O uso de cultivares resistentes é a estratégia de controle mais sustentável, visto que diversas outras estratégias para o controle ou manejo desta doença foram avaliadas, mas sem nenhuma perspectiva de solução em curto prazo (Gomes et al., 2017; Freitas et al., 2017). Ainda há um longo caminho para o desenvolvimento de cultivares de copas resistentes e disponíveis, visto que trabalhos com plantas perenes demandam muito tempo de experimentação. Uma estratégia mais viável de ser atingida em menor prazo seria a seleção de porta-enxertos resistentes e compatíveis com as copas de goiabeiras já aceitas pelo mercado (Castro, 2019; Ribeiro et al. 2019).

A identificação de genótipos resistentes tem sido objetivo de várias pesquisas. Não foram encontradas fontes de resistência em *P. guajava*, mas

encontrou-se resistência ou imunidade em araçazeiros do gênero *Psidium* (Carneiro et al., 2007; Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016., Ribeiro et al. 2019).

Genótipos obtidos a partir de progênies do cruzamento direcionado entre *P. guajava* x *P. guineense* (Costa et al., 2012), entre *P.cattleianum* x *P. guineense* e entre *P.guajava* x *P. cattleianum* demonstraram resistência a *M. enterolobii* (Gomes et al., 2017) e ampliaram as opções para seleção de porta-enxertos com resistência ao nematoide, mas alguns ainda sem comprovação de compatibilidade com as copas comerciais de goiabeiras.

Um aspecto importante na condução de experimentos que visem selecionar indivíduos resistentes a *M. enterolobii* é o nível de inoculação utilizado. De acordo com Burla et al. (2010) e Miranda et al. (2010), a utilização de níveis mais elevados de inoculação (5.000 a 12.000 ovos por planta) pode reduzir o fator de reprodução do nematoide (FR) e trazer resultados falso-positivos. Estas informações corroboram Oliveira et al. (2019), que estudando 13 acessos *Psidium* spp., observaram reações distintas ao nematoide, considerando seu fator de reprodução e três níveis de inoculação. O fator de reprodução de *M. enterolobii* foi reduzido em alguns acessos de *Psidium* spp. com o aumento dos níveis de inoculação e aumentou em alguns deles, com níveis de inoculação mais elevados. Em casos assim, acessos suscetíveis podem ser classificados como resistentes e quando levados ao campo demonstrarem suscetibilidade. O estabelecimento de um nível de inoculação adequado em conjunto com o manejo da adubação, da irrigação e do uso de substratos adaptados é uma necessidade para garantir um crescimento adequado das plantas em experimentação de modo a permitir maior tempo de cultivo aumentando a possibilidade de infecção do sistema radicular e assim possibilitar a identificação correta de indivíduos resistentes ou suscetíveis (Oliveira et al. 2019).

3.4. Propagação

Antigamente os pomares comerciais de goiabeiras eram produzidos por meio de sementes, principalmente devido à facilidade, e ao baixo custo das mudas (Manica et al., 2001; Martins e Hojo, 2009). No entanto, esse método tinha um efeito negativo, resultante da polinização cruzada, a qual gerava uma grande heterogeneidade nas plantas, causando oscilações e dificuldade na produção,

dificuldade no manejo do pomar e resultando em desvalorização comercial da cultura (Dias et al., 2014).

Essas dificuldades impulsionaram a substituição gradativa da propagação seminífera pela vegetativa, consistindo em uma condição básica para a oferta de frutos com qualidade e requisitos desejáveis à comercialização (Pereira e Nachtigal, 1997; Silva et al., 2010), além da formação de pomares mais homogêneos (Kareem et al., 2016).

A propagação vegetativa da goiabeira pode ser realizada por alporquia, estaquia (de raiz ou de ramos), enxertia e até mesmo por cultura de tecidos, sendo a estaquia com ramos herbáceos, e com utilização de nebulização intermitente, o método utilizado comercialmente (Zietemann e Roberto, 2007; Pereira et al., 2016).

A propagação da goiabeira por estaquia é tida como a mais vantajosa, sendo a estaquia herbácea a metodologia mais utilizada por viveiristas em grande escala, pois é eficiente, de execução mais simples, permite maior enraizamento e reduz o tempo de obtenção da muda. Atende também aos interesses dos produtores por gerar mudas de menor preço e que resultam em pomares uniformes (Paulus et al., 2014; Costa et al., 2019).

A escolha do tipo de estaca (lenhosa, semilenhosa ou herbácea) é um fator muito importante para o sucesso da propagação, visto que na maioria das vezes, estacas mais herbáceas enraízam com maior facilidade que as lenhosas, devido à menor lignificação de seus tecidos (Hartmann et al., 1990).

Para a propagação da goiabeira por estaquia, habitualmente se utilizam ramos com baixo grau de lignificação (ramos herbáceos) que têm maior proporção de células com capacidade de se diferenciar, maior taxa de divisão celular e menor quantidade de compostos fenólicos, o que facilita o enraizamento e promove a produção de mudas com mais rapidez (Lima et al., 2006; Costa, 2015; Costa et al., 2017). As estacas herbáceas são preparadas com dois pares de folhas recém-maduras, mantendo-se as folhas do segmento do ápice da estaca e retirando-se o par basal. O par de folhas remanescente pode ser cortado à metade para reduzir a taxa de transpiração pelas folhas, necessitar de menos espaço nas bandejas e para reduzir o “efeito guarda-chuva”, que é quando a folha bloqueia a penetração de água no substrato de enraizamento. Devido à maior facilidade na perda de água do material herbáceo, torna-se necessário o emprego de um ambiente com alta

umidade relativa do ar, proporcionado normalmente por sistemas de nebulização intermitente (Lima et al., 2006).

Em espécies florestais, a procura pelo aumento de produção e otimização da coleta de estacas herbáceas levou à instalação de minijardins clonais e à técnica da miniestaquia para propagação massal. Inicialmente foi um método adotado no manejo de plantas florestais, sendo utilizado também quando não existe número suficiente de matrizes que ofereçam propágulos vegetativos (Almeida et al, 2007).

A miniestaquia é uma variação da estaquia herbácea convencional, e consiste em manter as matrizes no viveiro, na condição de minitouceiras, as quais são podadas constantemente para fornecer miniestacas para estaqueamento (Alves, 2018). A técnica apresenta algumas vantagens em relação à estaquia como a dispensa das matrizes em campo; a redução dos custos de transporte e coleta das brotações; a maior eficiência das atividades de manejo no jardim miniclinal, quanto a irrigação, nutrição e controle de pragas; maior produtividade, redução de tempo no enraizamento em relação à estaquia convencional na formação da muda (Wendling e Dutra, 2008; Xavier et al., 2013).

Também há consenso de que a técnica proporciona mais vigor aos propágulos, caracterizado por maior estímulo ao enraizamento das miniestacas (Fachinello et al., 1995).

Para instalação dos minijardins clonais, torna-se crucial, quando estabelecidos inicialmente no campo, o resgate de genótipos de interesse obtidos em programas de melhoramento, por hibridação artificial ou por seleção no campo. Por outro lado, o enraizamento de estacas herbáceas ou miniestacas de araçazeiros tem se mostrado difícil e variável de acordo com fatores como: as condições fisiológicas das estacas; as condições ambientais durante o enraizamento e as diferenças genéticas entre os materiais (Biazatti et al., 2018; Hossel, 2016), dentre outros fatores.

A viabilidade da miniestaquia depende de várias condições, que devem ser investigadas e controladas para cada espécie, tais como, o tempo de sobrevivência e a altura da decepa para a formação da minicepa, além do tamanho apropriado das miniestacas (Justino et al., 2017). Essa viabilidade já foi demonstrada para multiplicação da goiabeira originária de *seedlings* (Marinho et al., 2009) e para a produção de mudas das cultivares Paluma, Pedro Sato, Cortibel 1 e Cortibel 6 em

função das elevadas porcentagens de sobrevivência e enraizamento das miniestacas (Altoé et al., 2011 a; Freitas et al., 2014 e Milhem et al., 2014).

Para *P. cattleianum*, a clonagem de plantas adultas apresenta baixa taxa de enraizamento das estacas (Schwengber et al., 2000). Há relatos de que estacas herbáceas dessa espécie provenientes do campo não enraízam, tornando-se necessário o uso de estacas semilenhosas para o resgate e estabelecimento inicial de minijardins clonais. As miniestacas enraízam melhor, mas com alta variabilidade entre os genótipos quanto ao seu potencial de enraizamento e vigor das plantas. A melhor estação para a coleta de miniestacas é o verão, quando é possível obter maiores potenciais de enraizamento (Biazatti et al., 2018).

Rodriguez et al. (2016) obtiveram 100% de enraizamento em estacas herbáceas de plantas juvenis de *P. cattleianum*. Por outro lado, Ferreira et al. (2013) verificaram que estacas semilenhosas de híbridos resistentes a *M. enterolobii* apresentaram 57 % de sobrevivência, tendo seu sistema radicular desenvolvido. Propagando *P. guineense* e *P. cattleianum* por miniestaquia, Altoé et al., (2011 b) constataram viabilidade a partir de material juvenil, ao encontrarem altas porcentagens de enraizamento das miniestacas e elevada produtividade das minicepas nas sucessivas coletas.

Outro tipo de propagação vegetativa muito usada na goiabeira é a enxertia, técnica que consiste em unir partes de duas ou mais plantas, usualmente utilizando-se uma planta para constituir o sistema radicular, denominada de porta-enxerto e outra planta que constituirá a copa da cultivar comercial. A união entre as duas partes forma uma nova planta cujas partes passam a interagir por meio dos sistemas vasculares associando características da copa, do porta-enxerto e da interação entre ambos (Hartmann et al., 2011; Lopes et al., 2016). Os tecidos do porta-enxerto formam o sistema radicular, servindo de base para sustentação da planta e absorção de água e nutrientes do solo. A copa, parte aérea ou enxerto é a unidade produtiva da qual os frutos serão colhidos, com as características da cultivar selecionada (Nachtigal et al., 2005). Em alguns casos, pode ser usado um interenxerto que consiste em um tecido de um terceiro material genético utilizado, geralmente, com a finalidade de contornar problemas de incompatibilidade entre copas e porta-enxertos (Hartmann et al., 2011).

A enxertia é indicada para formação de mudas quando o porta-enxerto oferece alguma vantagem agrônômica em comparação ao sistema radicular da

cultivar comercial, podendo algumas dessas vantagens ser a resistência a estresses bióticos ou abióticos relacionados ao solo. Em comparação à obtenção de mudas por estaquia a enxertia é o processo mais demorado e, conseqüentemente mais caro (Demartelaere et al., 2015; Soares et al., 2015).

A enxertia pode ser feita de várias maneiras, sendo a borbulhia e a garfagem as mais comuns, com variações em sua forma de execução, citando-se como exemplos a borbulhia em janela aberta ou fechada, em T normal ou invertido, a garfagem em fenda cheia de topo, a garfagem lateral, a minigarfagem etc. (Hartmann et al., 2011; Bonifácio, 2017; Campos et al., 2017; Arantes et al., 2021). A garfagem consiste em inserir uma porção de ramo destacado da matriz da cultivar copa a qual recebe a denominação de garfo, sobre uma muda já formada cujo sistema radicular constituirá o porta-enxerto. Os procedimentos corretos de enxertia proporcionam alto índice de pegamento se realizados por uma mão de obra experiente e quando há compatibilidade entre as partes a serem unidas (Manica et al. 2000).

A muda de goiabeira obtida por enxertia convencional pode ser produzida entre 420 e 780 dias (Manica, 2001; Costa e Costa, 2003; Robaina et al., 2015). A minigarfagem é uma técnica de enxertia realizada com segmentos de brotações de minicepas e isso oferece vantagens em relação à enxertia convencional, como o ganho de tempo e pegamento similar do enxerto, com mudas de goiabeiras enxertadas aptas ao plantio com 351 dias de idade (Campos et al., 2017). Arantes et al. (2021) usaram a minigarfagem para antecipação da formação da muda de goiabeira enxertada sobre porta-enxertos clonais de menores diâmetros. Os autores citados relatam que o pegamento de enxertia e a altura das mudas indicam que a minigarfagem sobre porta-enxertos clonais, com diâmetros entre 3,7 e 5,5 mm, permite a produção de mudas aptas ao transplante aos 300 dias após o estaqueamento dos porta-enxertos.

3.5. Herança da resistência a *Meloidogyne enterolobii* em genótipos de *Psidium*

A transmissão das informações genéticas por meio da transferência do conteúdo de DNA para a descendência é denominada de herança genética e esta pode ser estudada por meio de parâmetros genéticos utilizando-se populações

segregantes. As populações segregantes para o estudo da herança genética são obtidas a partir de cruzamentos controlados, que vão desde cruzamentos simples envolvendo dois genitores até os mais complexos envolvendo mais de quatro genitores (Borém, 2017).

Para o estudo do controle genético é necessário que os genitores sejam endógamos, ou seja, que não estejam segregando, além de apresentarem reação contrastante para o caráter de interesse. Devem ser obtidas as gerações F1, F2, (podendo-se inserir demais gerações avançadas) e os retrocruzamentos (RC1 e RC2). Posteriormente, as populações obtidas, incluindo os genitores, são avaliadas para o caráter de interesse para se verificar a segregação fenotípica. Para caracteres com distribuição discreta as hipóteses de segregação são avaliadas pelo teste de qui-quadrado, por meio do qual os desvios entre as frequências observadas e esperadas são avaliados quanto à sua significância em níveis determinados de probabilidade (Ramalho et al., 2012).

O estudo da herança tem como um de seus propósitos, determinar se o caráter é qualitativo ou quantitativo, bem como o nível de controle dos genes envolvidos. A determinação dos parâmetros genéticos que governam a resistência permite direcionar os trabalhos de introgressão de genes de resistência e, também, a seleção de indivíduos superiores nas populações segregantes (Candido, 2013).

O estudo da herança genética é de suma importância em programas de melhoramento genético. Esses estudos são necessários para o entendimento do controle genético de uma característica de interesse (como resistência a patógenos), identificar genótipos com a característica desejada, que podem ser utilizados como fontes de tais características, além de fornecer ao melhorista conhecimento para escolher a melhor estratégia para transferência de alelos de interesse (Melo, 2014).

Do ponto de vista prático, a presença de um gene de efeito maior na herança é uma condição favorável, uma vez que permite que parte da resistência possa ser transferida por processos simples como retrocruzamentos. Por outro lado, a presença de poligenes é desfavorável, pois quando a herança é poligênica geralmente é muito influenciada pelo ambiente, o que resulta em herdabilidade restringida ou mediana. Exemplos de uso no melhoramento da goiabeira seria a introgressão de alelos de resistência a nematoide em copas ou porta-enxertos para a goiabeira (Miranda et al. 2012; Martins et al. 2013).

A herança da resistência aos fitonematoides tem sido estudada em muitas culturas diferentes (Oliveira et al., 2015; Alves et al., 2017; Cianzio et al., 2019). No entanto, não existe uma base de dados disponível para *P. guajava*, mas fontes de resistência têm sido encontradas em espécies silvestres do gênero *Psidium* (Cuadra e Quincosa, 1982; Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016; Costa et al., 2016). Essa Informação pode ser utilizada no melhoramento da goiabeira, com a transferência interespecífica de genes de resistência (Carneiro et al., 2007; Almeida et al., 2009).

Maranhão et al. (2001) encontraram moderada resistência a *M. enterolobii* em acessos de goiabeiras Bebedouro-18 e Pêra vermelha, e ainda segundo os mesmos autores, verificou-se variação da suscetibilidade na reação do araçazeiro *P. guineense* ao nematoide das galhas. Miranda et al. (2012) inocularam acessos de goiabeiras de cultivares comerciais e nativas e araçazeiros de diversos acessos com 500 ovos/mL de *M. enterolobii* e verificaram que mudas seminíferas de dois acessos (115 e 116) de *P. catteianum* foram resistentes, enquanto mudas de vários outros acessos dessa mesma espécie foram suscetíveis. Os referidos autores sugeriram que estudos mais aprofundados fossem feitos para entender a herança da resistência ao nematoide.

Estudos realizados por Costa et al. (2013) mostram similaridade entre espécies de *Psidium*. Utilizando marcadores SSR, esses autores relataram similaridade de 81,4% entre *P. guajava* x *P. guineense*, sugerindo maior possibilidade de obterem-se híbridos interespecíficos entre essas espécies. O estudo da herança de resistência a *M. enterolobii* no híbrido de *P. guajava* x *P. guineense* apontou um padrão de resistência controlado por dois alelos com efeito epistático, com a presença de um alelo dominante para a resistência do híbrido, reforçando a importância da avaliação de novos acessos silvestres de *Psidium* para ampliação de fontes de genes de resistência (Costa et al., 2016).

Gomes et al. (2017) selecionaram genótipos em populações segregantes de *Psidium* spp. e avaliaram a herança da resistência a *M. enterolobii*. Os autores relataram altas magnitudes de variância fenotípica nas populações para o seu fator de reprodução em comparação com suas respectivas variâncias genotípicas. Resultado similar foi encontrado por Ribeiro et al. (2019) em cruzamentos que resultaram em valores de variância fenotípica superiores aos respectivos valores de variância genotípica.

Híbridos interespecíficos podem ser utilizados em novos estudos de herança genética do caráter, usando parentais contrastantes e gerações fixas e segregantes para que se tenha segurança na identificação de um provável porta-enxerto resistente a *M. enterolobii* (Oliveira, 2017).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, situada na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, do campus da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), localizada em Campos dos Goytacazes, RJ (latitude 21°45'41.5"S, longitude 41°17'22.2"W). O período de condução do experimento foi de fevereiro de 2020 a junho de 2021.

A temperatura do ar e a umidade relativa do ar no interior da casa de vegetação foram monitoradas por meio de um termo-higrômetro, instalado no interior da casa de vegetação.

4.1. Material Genético

Os híbridos avaliados nesse trabalho foram derivados dos seguintes cruzamentos direcionados, descritos e codificados por Gomes et al. (2017) da seguinte forma:

- 1. UENF 121 (13.4II x P53) - *P. guajava* x *P. cattleianum*;
- 2. UENF 29 (CV1 x CV11) - *P. cattleianum* x *P. guineense*;

Os genótipos UENF 121 e UENF 29 foram oriundos da propagação seminífera a partir dos cruzamentos citados e selecionados por terem apresentado FR=0,0, de acordo com Gomes et al. (2017);

- 3. *P. guineense* x *P. cattleianum* (P36 x P11).

Cada um dos genótipos foi estabelecido inicialmente em minijardins multiclonais em casa de vegetação na UAP/CCTA. Os clones dos híbridos UENF 121 e UENF 29 foram cultivados por mais de 12 meses, florescendo e frutificando em vasos cônicos de 3,8 dm³. As sementes resultantes dos frutos desses híbridos foram utilizadas para a formação de um jardim multiclonal constituindo duas famílias, resultantes provavelmente de autofecundação.

Quatro genótipos oriundos do cruzamento *P. guineense* x *P. cattleianum* (P36 x P11) foram selecionados para constituir um jardim multiclonal com os indivíduos UENF 253, UENF 237, UENF 251 e UENF 242 selecionados por apresentar FR de 0,0; 0,0; 0,12 e 0,36, respectivamente, de acordo com Gomes et al. (2017). Esses últimos genótipos foram multiplicados por estaquia herbácea e constituíram um pool de indivíduos sobre os quais foram enxertados minigarfos da goiabeira 'Paluma'.

4.2. Semeadura

Foram utilizadas sementes dos frutos produzidos em casa de vegetação, por autopolinização, já que foram produzidos em diferentes épocas do ano. Foram colhidos um fruto do híbrido 121 e dois do híbrido 29. As sementes foram tratadas com cal hidratada para remoção da mucilagem e, em seguida lavadas em água corrente. Posteriormente, foram colocadas em um béquer com água, a qual foi trocada a cada 24 horas, durante três dias. Na sequência, as sementes foram colocadas para secar a sombra, sobre papel toalha, por um período de 24 horas. Após secagem, as sementes foram tratadas com fungicida Captan 500® com a dose de 1 g do produto comercial por 100 g de sementes, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em geladeira sob refrigeração a 5°C até o momento da semeadura. O fruto do híbrido 121 tinha sementes miúdas e em maior número (cerca de 70), enquanto o fruto do híbrido 29 tinha sementes maiores e em menor número (30 sementes).

Para a semeadura, foram utilizadas bandejas de isopor com 128 células, contendo substrato comercial Basaplant®. Posteriormente, as plântulas foram transplantadas para tubetes de 280 cm³. Nessa etapa, os tubetes foram preenchidos com substrato Basaplant®, adubado com 6 g L⁻¹ de superfosfato simples, 30 g L⁻¹ de calcário e 6,6 g L⁻¹ do fertilizante de liberação lenta Osmocote®

na formulação 14-14-14, o tempo médio de liberação dos nutrientes estimado para até três meses à temperatura média de 24° C, de acordo com metodologia descrita por Biazatti (2013). No intervalo de 20 a 25 dias após a semeadura, foram obtidas 145 plântulas oriundas do híbrido 121 e 24 plântulas do híbrido 29. As plântulas provenientes dos dois híbridos foram separadas como duas famílias diferentes (FA121 e FA29).

4.3. Multiplicação do Material Genético e transplântio das famílias *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) e *P. cattleianum* x *P. guineense* (FA29)

Quando as mudas atingiram cerca de quatro meses de idade, foram transplantadas para sacos plásticos de 3 dm³ de capacidade. Depois foram podadas, sendo feito o desponde de ramos, para a emissão de novos brotos.

Essas mudas matrizes tiveram suas ponteiros retiradas para serem utilizadas na multiplicação do material genético, utilizando a técnica da miniestaquia, gerando clones para cada genótipo. As miniestacas foram preparadas com dois pares de folhas, dos quais o par basal foi retirado e no outro par o limbo foi cortado à metade. As estacas tiveram sua base mergulhada por 10 segundos em AIB (ácido indolbutírico) na concentração de 1500 mg L⁻¹ (Ferreira et al., 2013).

As estacas foram inseridas em tubetes de 280 cm³ contendo substrato comercial Basaplant®, e a seguir conduzidas à câmara de nebulização (Timer de 15 s de aspersão em intervalos de 10 minutos, vazão de 7 L h⁻¹, sob pressão de 4,0 kgf cm⁻²), onde permaneceram por 70 dias.

Após o período de enraizamento, foi realizada a aclimação das miniestacas. Para isso, foi feita a retirada do material da câmara de nebulização e conduzido para uma área da casa de vegetação, envolto com um Sombrite® 70%, até que as brotações atingissem cerca de 15 cm de altura (em torno de 60 dias), indicando o ponto de transplântio. As mudas sobreviventes no processo de aclimação foram transplantadas para sacos plásticos de 3L, preenchidos com substrato Basaplant® para hortaliças. O substrato foi misturado e homogeneizado com 6,0 g L⁻¹ de superfosfato simples, 30 g L⁻¹ de calcário e 6,6 g L⁻¹ do fertilizante de liberação lenta Osmocote® na formulação 14-14-14, com tempo médio de liberação previsto para três meses à temperatura média de 24° C, de acordo com

as especificações do fabricante. Essa adubação foi utilizada por Biazatti (2013) no cultivo de mudas de *Psidium cattleianum*. Essas plantas transplantadas constituíram um minijardim multiclonal, para que, uma vez que houvesse identificação de novos genótipos resistentes, estes pudessem ser identificados no minijardim e selecionados com garantia da fidelidade genética.

No momento em que as plantas matrizes atingiram aproximadamente seis meses de idade, foram transplantadas para vasos com altura de 20 cm e volume de cinco litros, preenchidos com uma mistura de areia de rio lavada, solo e esterco bovino em uma proporção 2:1:1. Essa mistura foi previamente desinfestada em solarizador, para garantir que o material estivesse livre de nematoides.

As plantas foram adubadas de acordo com os resultados da análise de amostras do solo (Tabela 1) e as correções baseadas nas recomendações de Natale et al. (1996).

Tabela 1. Atributos químicos de amostras do solo + areia (S + A) e do solo (S)

Amostra	pH	Ca	Mg	Al	K*	P*	Fe	Cu	Zn	Mn	MO	V
	água	...(cmol./dm ³) (mg dm ³)			gdm ³	%
S + A	5,4	0,9	0,4	0,06	74	10	60,2	0,2	1,9	12,0	9,0	53,4
S	5,2	1,6	0,7	0,12	152	12	41,8	0,3	2,1	4,1	17,9	48,9

*Extrator Carolina do Norte. Análises Químicas realizadas pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro *Campus* Campos dos Goytacazes.

A irrigação foi realizada via sistema de microaspersão sobre copa, sendo ajustada de acordo com o estágio de crescimento das mudas e temperatura ambiental. Também foram realizadas pulverizações periódicas com defensivos agrícolas para o controle de pragas e doenças.

4.4. Obtenção das mudas de goiabeira enxertadas sobre um *pool* de híbridos derivados do cruzamento de primeira geração de híbridos de *P. guineense* x *P. cattleianum* (FA3)

As mudas utilizadas como porta-enxertos foram obtidas de minijardim multiclonal previamente estabelecido por meio do resgate de uma única matriz por genótipo que foram multiplicadas em coletas sucessivas de estacas herbáceas.

Este minijardim multiclonal foi constituído por um “pool” de quatro híbridos de *Psidium* spp (UENF 251, UENF 237, UENF 242 e UENF 253), originários do cruzamento entre *P. guineense* x *P. cattleianum*. Miniestacas desses materiais foram preparadas e estaqueadas em tubetes de 280 cm³ contendo substrato comercial Basaplant® para hortaliças, e conduzidas à câmara de nebulização. No interior da câmara de nebulização a umidade foi mantida em torno de 100% com o auxílio de nebulizações periódicas com nebulizadores tipo Fogger®, com aspersões durante 30 segundos, com intervalos de 10 minutos. A efetividade do regime de nebulizações foi aferida em leituras em termo-higromêtro digital. A vazão dos nebulizadores é de 7 L h⁻¹, sob pressão de 4,0 kgf cm⁻². As miniestacas permaneceram na câmara de nebulização por cerca de 58 dias. Após esse período, as miniestacas foram aclimatadas. A enxertia por minigarfagem foi efetuada quando os porta-enxertos tinham valores médios em diâmetro do caule (medidos a 20 mm do colo das mudas) próximos a 2 mm, seguindo o protocolo estabelecido por Campos et al. 2017.

Os minigarfos também foram oriundos de um minijardim clonal da cultivar ‘Paluma’ já estabelecido na mesma casa de vegetação. As minitouceiras da goiabeira ‘Paluma’ tinham idade aproximada de três anos. Essas minitouceiras foram podadas cerca de 30 dias antes das enxertias para a emissão de novos brotos utilizados no preparo dos minigarfos.

Toda a execução da minigarfagem seguiu o protocolo descrito em Campos et al. (2017) e o procedimento foi efetuado entre às 16 e 18:00h. Os minigarfos foram preparados com dois pares de folhas, sendo o par de folhas basal excluído e, no par remanescente, o limbo das folhas foi reduzido à sua metade. Na base do minigarfo foram efetuados dois cortes em bisel, sendo um dos cortes mais pronunciado, este com cerca de 1 cm. O porta-enxerto foi preparado consecutivamente ao preparo do minigarfo, sendo realizada uma poda entre 5 e 10 cm de altura do porta-enxerto. Com um canivete inoxidável, foi feita uma fenda de 1 cm no topo do caule do porta-enxerto.

Desta maneira, com o minigarfo corretamente ajustado sob a casca, foi realizada uma proteção com Parafilm®, fixação com arame flexível e as mudas seguiram para câmara de nebulização intermitente, no mesmo regime de nebulizações e condições relatadas anteriormente para o enraizamento das miniestacas.

Após 60 dias, o material foi retirado da nebulização, aclimatado e feito o transplante, seguindo a mesma metodologia descrita para as outras duas famílias, anteriormente descritas.

4.5. Inoculação com *Meloidogyne enterolobii*

A inoculação com o nematoide *M. enterolobii* foi realizada quando as plantas matrizes das famílias FA121 e FA29 atingiram oito meses de idade, possuindo de seis a oito pares de folhas, e as plantas enxertadas da família FA3 estavam com 16 meses, após a miniestaquia.

Como fonte de inóculo, foi usado um isolado puro de *M. enterolobii* proveniente do laboratório de Nematologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, mantido em tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.). Para o preparo do inóculo, raízes infectadas foram submetidas ao método de extração de Coolen & D'Herde (1972) modificado, ou seja, sem a utilização de caolim. A suspensão resultante foi passada por peneiras de 65 e 500 mesh sobrepostas, e recolhida em um béquer. Mediante contagem em lâmina de Peters em microscópio estereoscópico, a suspensão foi calibrada para a concentração de 2.000 ovos + J2 de *M. enterolobii* em 10 mL de água.

As mudas foram inoculadas na fase de seis a oito pares de folhas. Cada muda recebeu 10 mL de suspensão com 2.000 ovos e J2 distribuídos em quatro furos ao redor do colo. A goiabeira cv Paluma, conhecida por ser suscetível a *M. enterolobii* (Burla et al., 2010; Miranda et al., 2012), foi utilizada como referência para atestar a viabilidade do inóculo e do método de inoculação.

4.6. Desenho Experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em que cada tratamento foi representado por uma das famílias de *Psidium* (FA121, FA29 e FA3), cada tratamento contou com 12 repetições e dois ou quatro indivíduos por parcela.

4.7. Avaliações

Aos 135 dias após a inoculação, as avaliações foram realizadas, conforme proposto por Burla et al. (2010).

4.7.1 Extração e contagem de ovos e juvenis

Para extração de ovos e juvenis de segundo estágio (J₂), as plantas foram processadas como descrito anteriormente. A única modificação foi sacudir as raízes em solução aquosa de água sanitária (hipoclorito de sódio a 2%) a 6%, em vez de água pura.

A suspensão de ovos e J₂, obtida a partir de cada planta foi homogeneizada em três alíquotas de 1 mL e foram usadas para a contagem em lâminas de Peters e expressas como população final de nematoides (Pf). As etapas são expostas na figura 1.

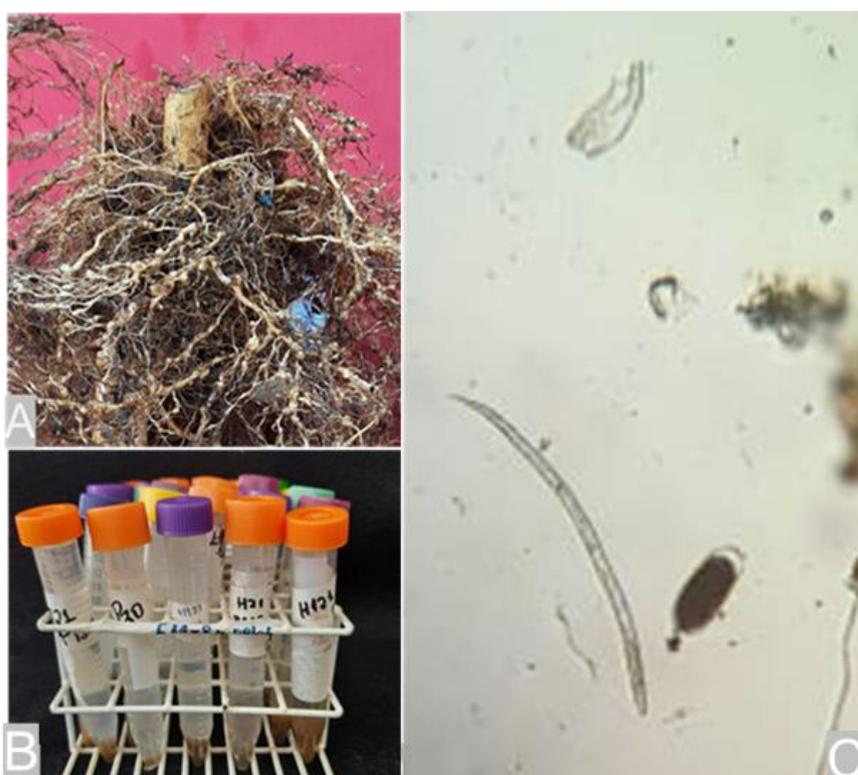


Figura 1. Etapas para quantificação de *M. enterolobbi* presente nas plantas. Sistema radicular que foi submetido à extração (A); suspensões obtidas após a extração (B); *M. enterolobbi* visualizado em microscópio (C).

4.7.2 Estabelecimento do fator de reprodução (FR) e percentual de redução do FR (PR%)

O fator de reprodução foi determinado de acordo com Oostenbrink (1966) pela divisão da população final (número de ovos + J₂ obtido do sistema radicular de cada planta) pela população inicial (número de ovos + J₂ inoculados).

A classificação final das plantas para resistência a nematoides foi baseada no fator de reprodução ($FR = \text{População final} / 2000$), $FR = 0$ = imune, $FR < 1$ = resistente e $FR > 1$ = suscetível (Oostenbrink, 1966).

Também foi calculado o percentual de redução de FR (PR%). Sendo inicialmente, determinada de forma semelhante ao FR; ou seja, pela relação PF/PI (população final/população inicial). Posteriormente, a população com maior índice de reprodução foi considerada referência de suscetibilidade. Em seguida, o índice de reprodução da referência foi comparado com o das demais populações, calculando-se o percentual de redução de cada uma, seguindo a metodologia estabelecida por Moura e Régis (1987). Com base nestes valores, foram definidos os níveis de resistência de cada genótipo de *Psidium* a *M. enterolobii*, de acordo com o seguinte critério de reprodução estabelecido por Moura e Régis (1987): AS - altamente suscetível, PR% de 0 a 25%; S - suscetível, PR% de 26 a 50%; PR - pouco resistente, PR% de 51 a 75%; MR - moderadamente resistente, PR% de 76 a 95%; R - resistente, PR% de 96 a 99%; e AR - altamente resistente / imune, PR% de 100%.

4.7.3 Avaliações da raiz e parte aérea da planta

Foi avaliada a massa fresca do sistema radicular com auxílio de uma balança de precisão. E, o volume radicular, determinado pelo deslocamento de um volume de água em uma proveta graduada após imersão do sistema radicular. Também foi analisada a relação do número de ovos + J₂ / grama de raiz (NOJ/G).

Para estabelecer a massa seca da parte aérea, o material vegetal foi acondicionado individualmente em sacos de papel devidamente identificados e submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar a 70° C por 72 horas. Após a secagem, foi definida a massa seca da parte aérea.

4.7.4 Índice de clorofila

Foi realizada leitura SPAD / índice de verde da folha, estimado por um medidor portátil de clorofila (Minolta Company, SPAD - 502 "Soil Plant Analyzer Development", Japão), tomando a média de três leituras consecutivas na terceira folha contada a partir da ponta da muda, que estava recém-madura, completamente desenvolvida e sadia, e na folha mais velha presente no ramo da planta.

Foram feitas cinco avaliações, iniciando a primeira avaliação quando as plantas foram recém-inoculadas com *M. enterolobii* e encerrando com a quinta avaliação, quando as plantas estavam com 130 dias após a inoculação.

4.8. Análise estatística

Os dados foram submetidos à transformação quando não apresentavam uma distribuição normal. Os dados de contagem foram transformados em \sqrt{x} , para realização da análise estatística e os de percentuais foram transformados em arco-seno da $\sqrt{(P + 1)}/100$, onde P é o valor observado da porcentagem de cada parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey em 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SANEST.

Para a análise de variância dos dados de incide SPAD, foi considerado o modelo em parcelas subdivididas no tempo (genótipos na parcela e tempo de avaliação na subparcela). Quando identificada a existência de diferenças significativas pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de tukey em 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Classificação das plantas quanto à resistência a *Meloidogyne enterolobii*

Quando a classificação da resistência foi feita por meio do fator de reprodução (FR) e considerando-se as médias de cada família, a resistência foi identificada apenas na FA29, oriunda de frutos de indivíduo proveniente do cruzamento entre *P. cattleianum* x *P. guineense*. Entretanto, na classificação de cada um dos genótipos da família, percebe-se a presença de resistência dentro das três famílias.

Na figura 2 pode ser observado o nível de resistência a *M. enterolobii* entre três famílias de *Psidium* spp. conforme o fator de reprodução (FR) estabelecido por Oostenbrink (1966).

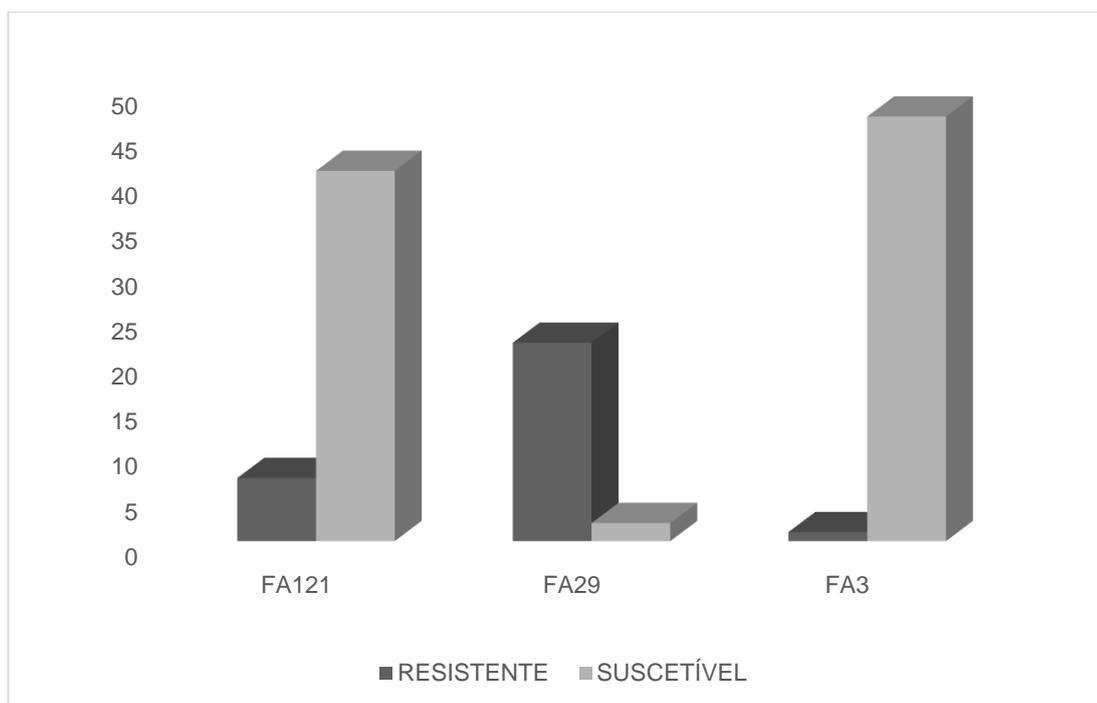


Figura 2. Número de indivíduos resistentes ou suscetíveis a *M. enterolobii* conforme Oostenbrink (1966), nas famílias FA 121, FA 29 e FA3.

Segundo os critérios de Oostenbrink (1966), de 48 plantas de FA121 (oriunda de frutos de indivíduo proveniente do cruzamento entre *P. guajava* x *P. Cattleianum*), 7 (14,6%) foram classificadas como resistentes e 41 (85,41%) como suscetíveis. Dos 48 genótipos avaliados na FA3 oriunda de frutos de indivíduo proveniente do cruzamento entre *P. guineense* x *P. cattleianum*, apenas um indivíduo foi considerado resistente e 47 (97,9%) apresentaram suscetibilidade, apesar de alguns deles terem um valor de FR não muito acima de 1. Chama a atenção o fato de que nessa família foi encontrado o maior valor de FR (33,15), número superior ao encontrado na testemunha (goiabeira 'Paluma', que foi utilizada como testemunha de suscetibilidade). Dos 24 genótipos avaliados da FA29, 22 foram classificados como resistentes, e dois como suscetíveis, embora estes últimos tenham tido um fator de reprodução baixo, de 1,17 e 2,41. Os valores de FR de cada um dos genótipos das três famílias (FA121, FA3 e FA29) e dos clones de 'Paluma' podem ser observados nas figuras 3, 4, 5 e 6.

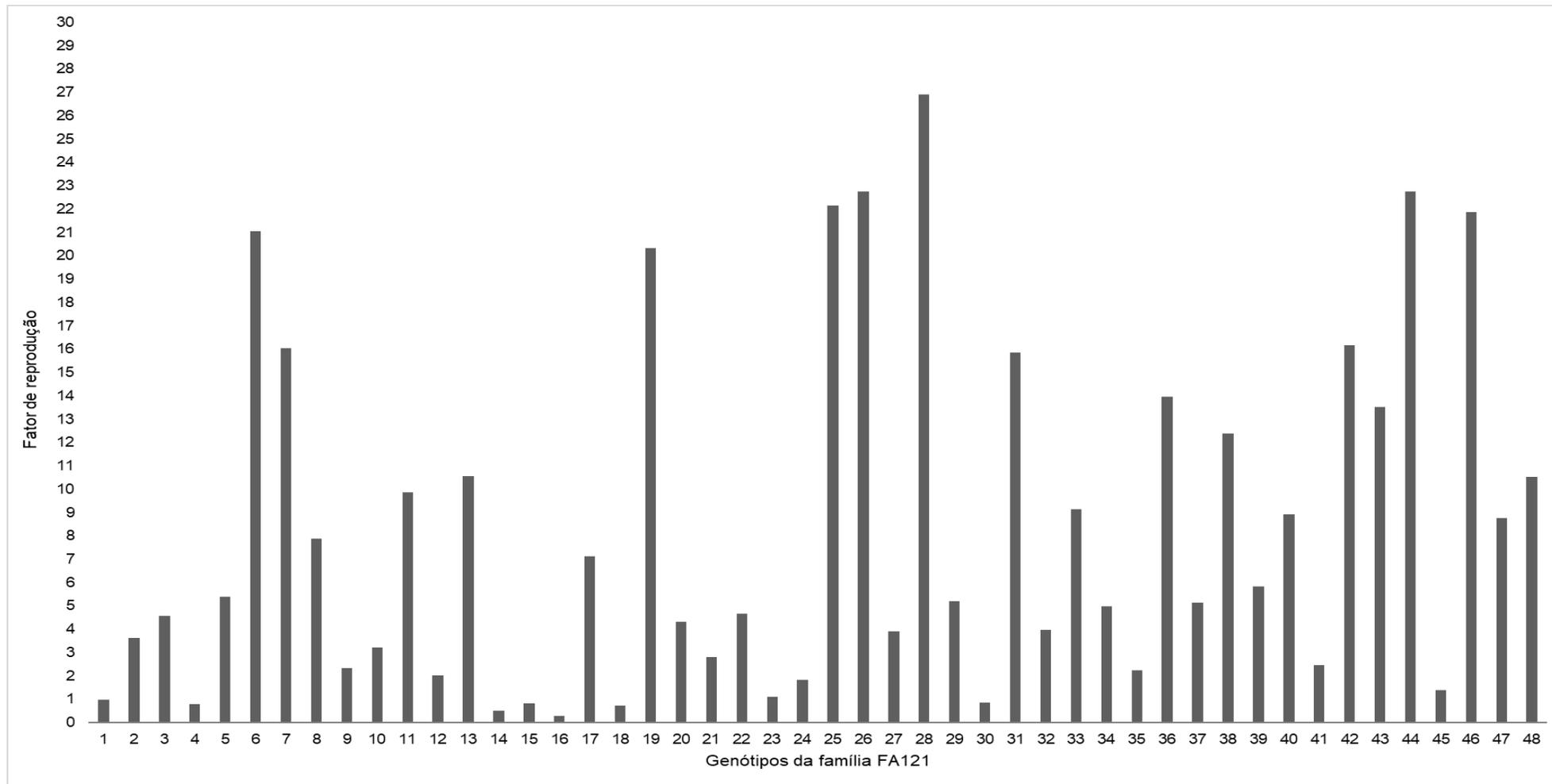


Figura 3. Valores do fator de reprodução (FR) em cada um dos genótipos de *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) obtidos após autofecundação das flores de híbridos originários dos cruzamentos. Todos os indivíduos foram avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, com idade de 260 dias após a germinação das sementes.

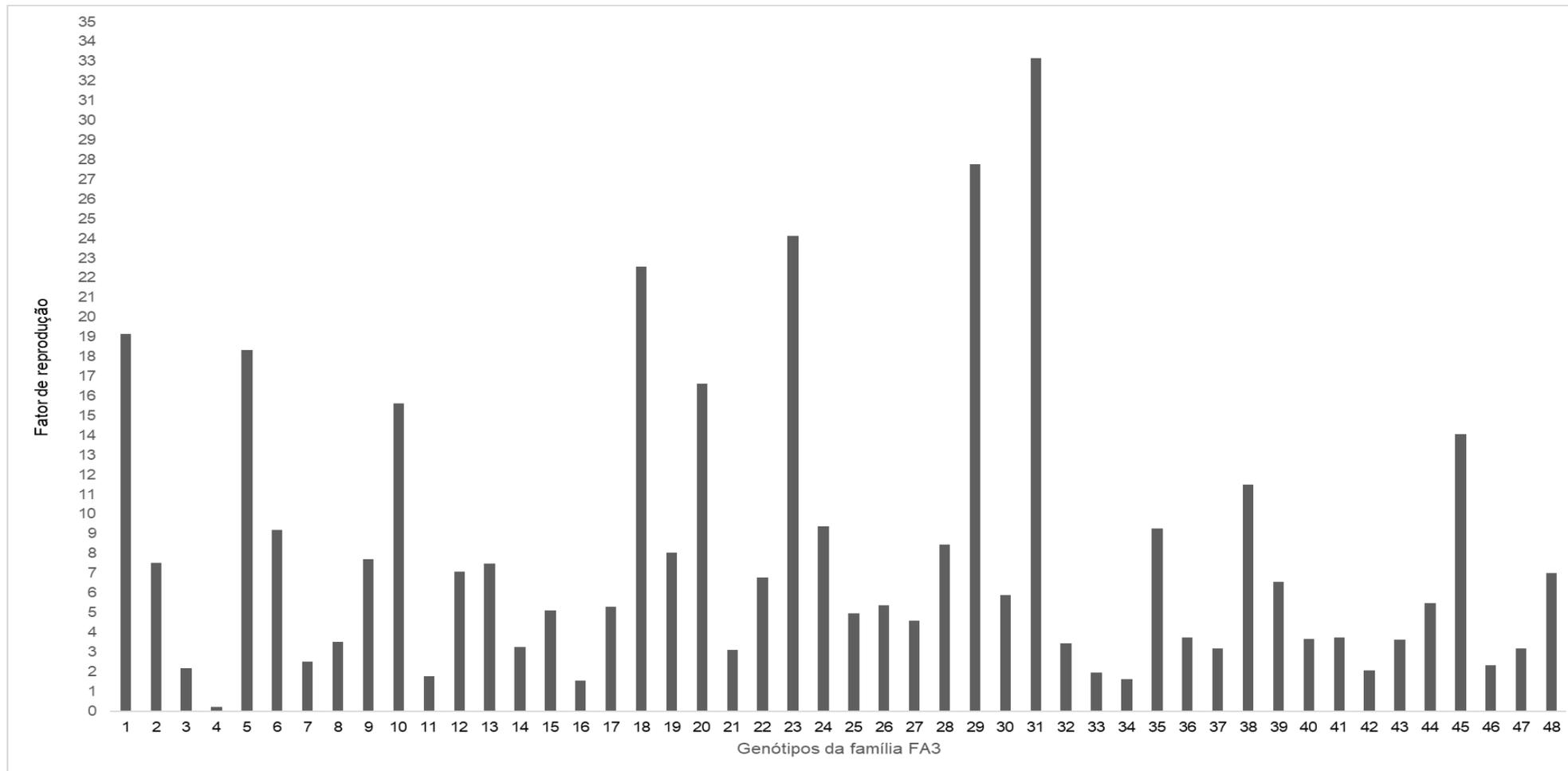


Figura 4. Valores do fator de reprodução (FR) em cada um dos genótipos da família *Psidium guineense* x *P. cattleianum* (FA3) oriunda de um *pool* de genótipos de primeira geração clonados por miniestaqueia e enxertados por minigarfagem com a goiabeira 'Paluma'. Todos os indivíduos foram avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, com idade de 500 dias após a estaquia do porta-enxerto.

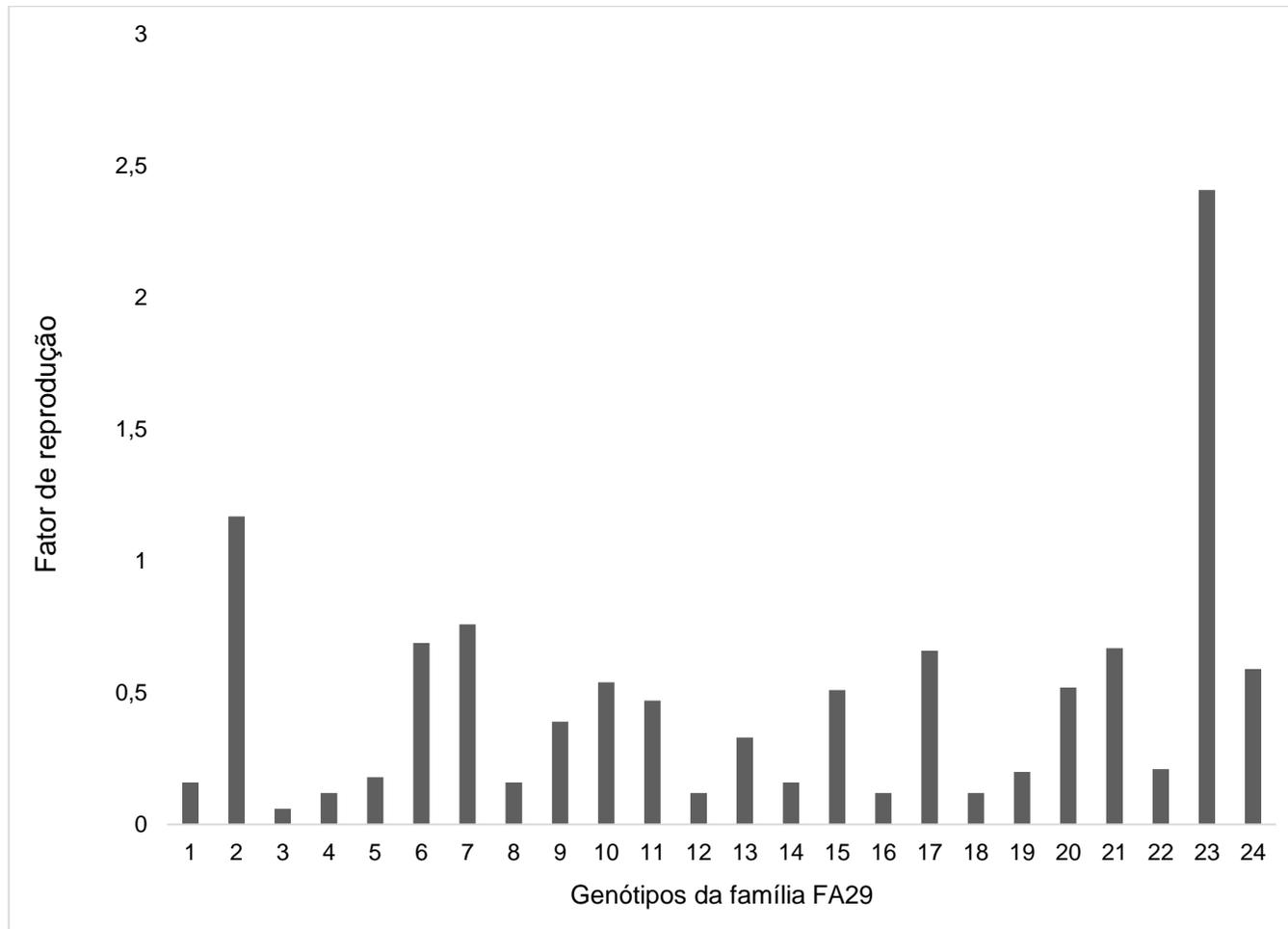


Figura 5. Valores do fator de reprodução (FR) em cada um dos genótipos de *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) obtidos após autofecundação das flores de híbridos originários dos cruzamentos. Todos os indivíduos foram avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, com idade de 260 dias após a germinação das sementes.

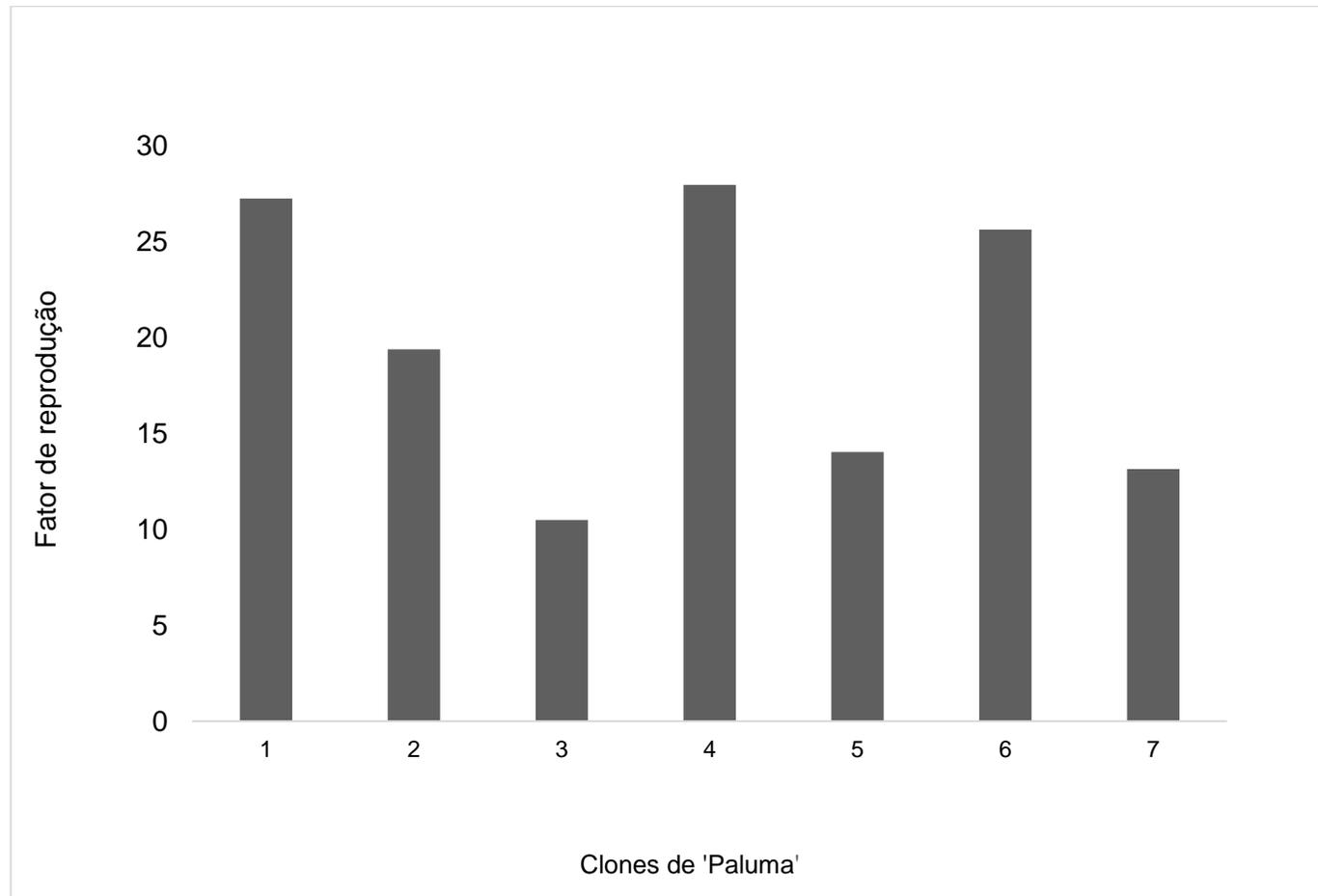


Figura 6. Valores do fator de reprodução (FR) em cada um dos clones de 'Paluma' obtidos por miniestaquia de um jardim clonal. Todos os indivíduos avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobi*, com idade de 500 dias após a estaquia de cada clone.

Oliveira et al. (2019), ao avaliarem 12 acessos de araçazeiros e a goiabeira 'Paluma', verificaram que o fator de reprodução dos araçazeiros é bem variável de acordo com o genótipo avaliado, podendo chegar ao valor de quase 140. No mesmo trabalho citado, o FR da goiabeira 'Paluma' variou entre 35 e 79, confirmando sua suscetibilidade em três níveis de inoculação, enquanto um acesso de araçazeiro, o Y50 (*Invasive sp*) foi considerado resistente.

Quando a classificação de resistência é feita pelo percentual de redução do FR (PR%) segundo critérios estabelecidos por Moura e Régis (1987), das 48 plantas da FA121, somente uma (2,1%) foi considerada altamente suscetível (AS), seis (12,5%) foram consideradas suscetíveis (S), 12 (25%) como pouco resistentes (PR), 20 (41,6%) como moderadamente resistentes (MR) e nove (18,8%) como resistentes. Já na FA29, uma única planta (4%) foi considerada moderadamente resistente, e todas as outras 23 (96%), como resistentes, mantendo seus valores de IR bem próximos. Nessa família foi registrada a menor amplitude do IR com valor de 7,07 (Figura 7). Na terceira família (FA3), duas plantas (4,1%) foram classificadas como altamente suscetíveis, cinco (10,4%) como suscetíveis, sete (14,6) como pouco resistentes, 33 (68,8%) como moderadamente resistentes, e uma (2,1%) como resistente (Figura 7).

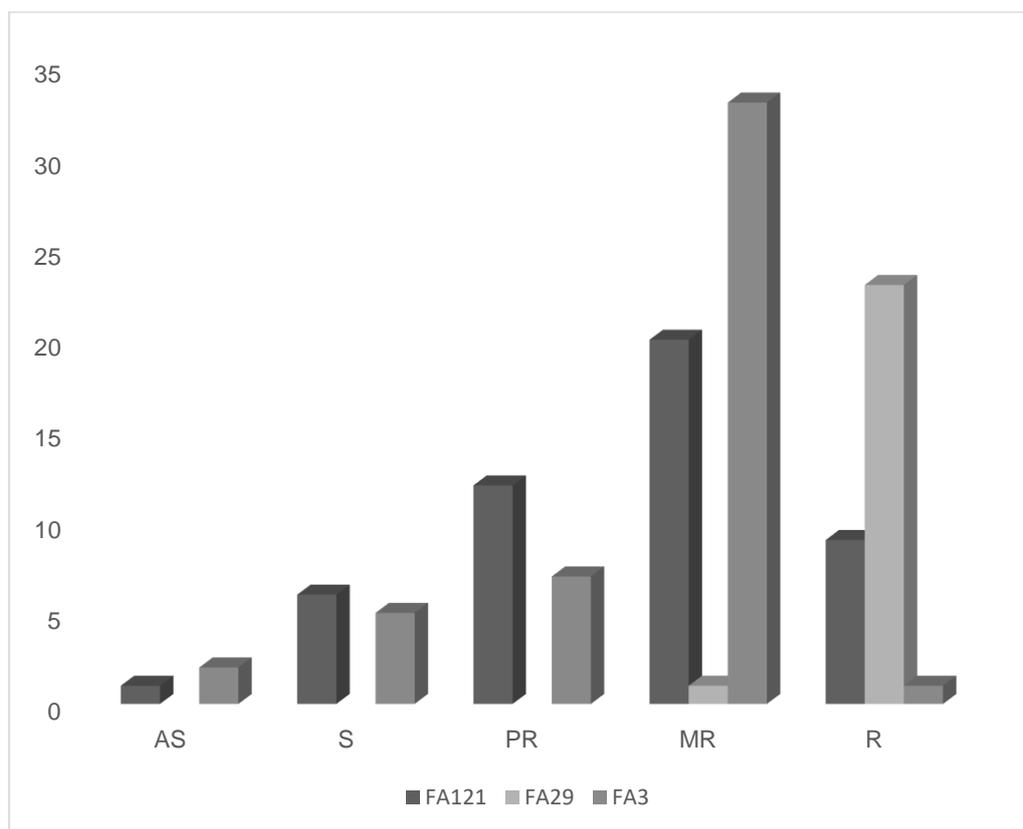


Figura 7. Níveis de resistência a *M. enterolobii* entre três famílias de *Psidium* spp. obtidos após autofecundação das flores de híbridos originários dos cruzamentos entre *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121); entre *P. cattleianum* x *P. guineense* (FA29) e *Psidium guineense* x *P. cattleianum* (FA3) como porta-enxertos sob a cultivar Paluma, de acordo com o percentual de redução do FR (PR%) seguindo os critérios de Moura e Régis (1987).

Os valores de PR% de cada um dos genótipos das três famílias (FA121, FA3 e FA29) e dos clones de 'Paluma' podem ser observados nas figuras 8, 9, 10 e 11.

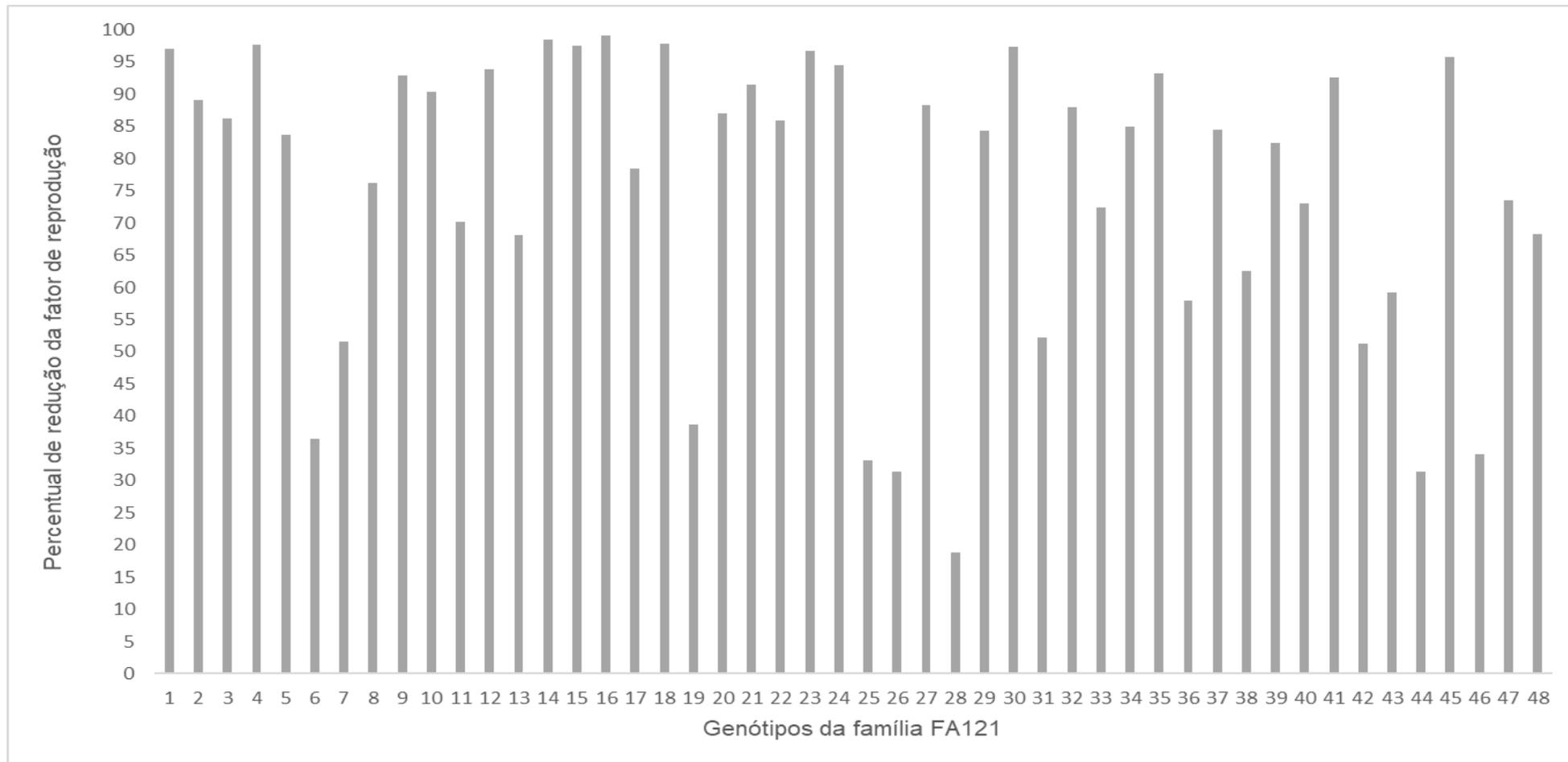


Figura 8. Valores do percentual de redução de FR (PR%) em cada um dos genótipos de *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) obtidos após autofecundação das flores de híbridos originários dos cruzamentos. Todos os indivíduos foram avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, com idade de 260 dias após a germinação das sementes.

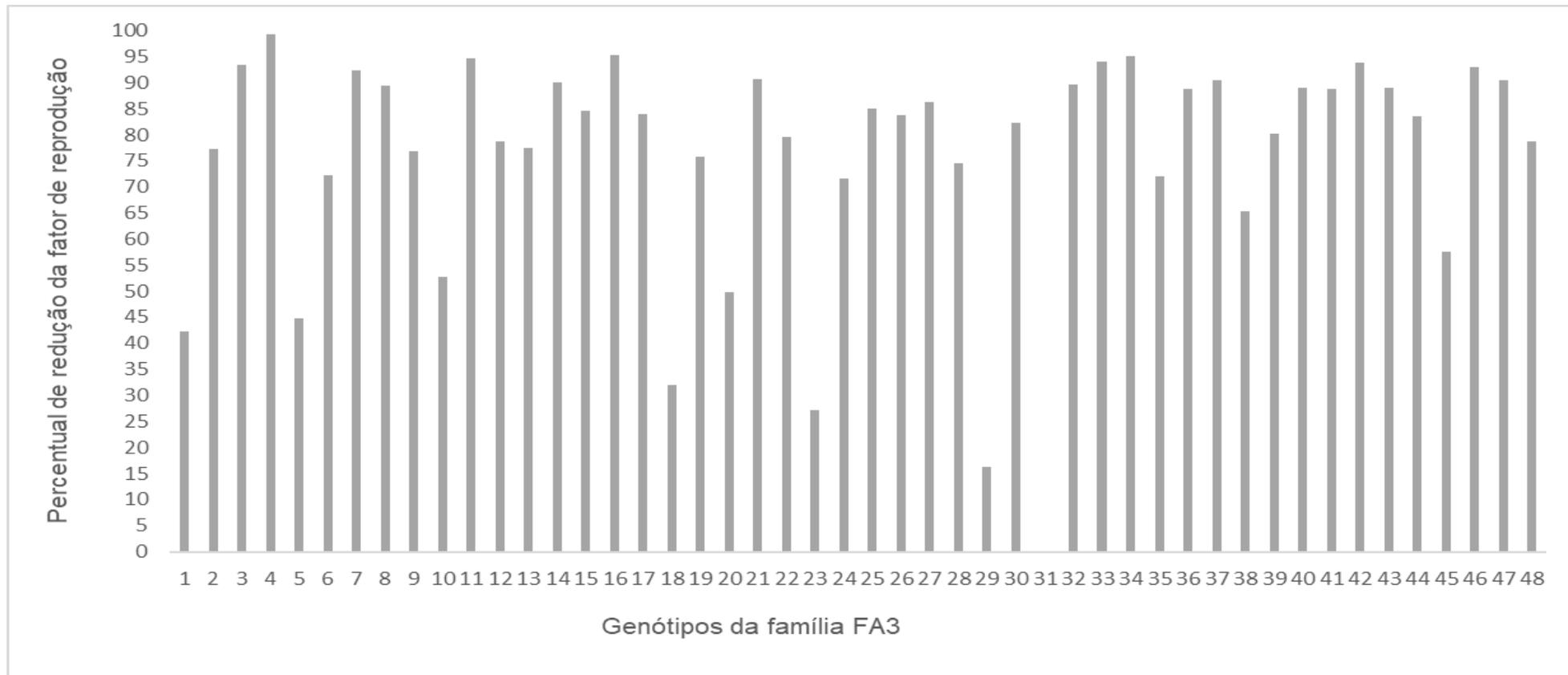


Figura 9. Valores do percentual de redução de FR (PR%) em cada um dos genótipos da família *Psidium guineense* x *P. cattleianum* (FA3) oriunda de um *pool* de genótipos de primeira geração clonados por miniestaquia, clonados por miniestaquia e enxertados por minigarfagem com a goiabeira 'Paluma'. Todos os indivíduos foram avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, com idade de 500 dias após a estaquia do porta-enxerto.

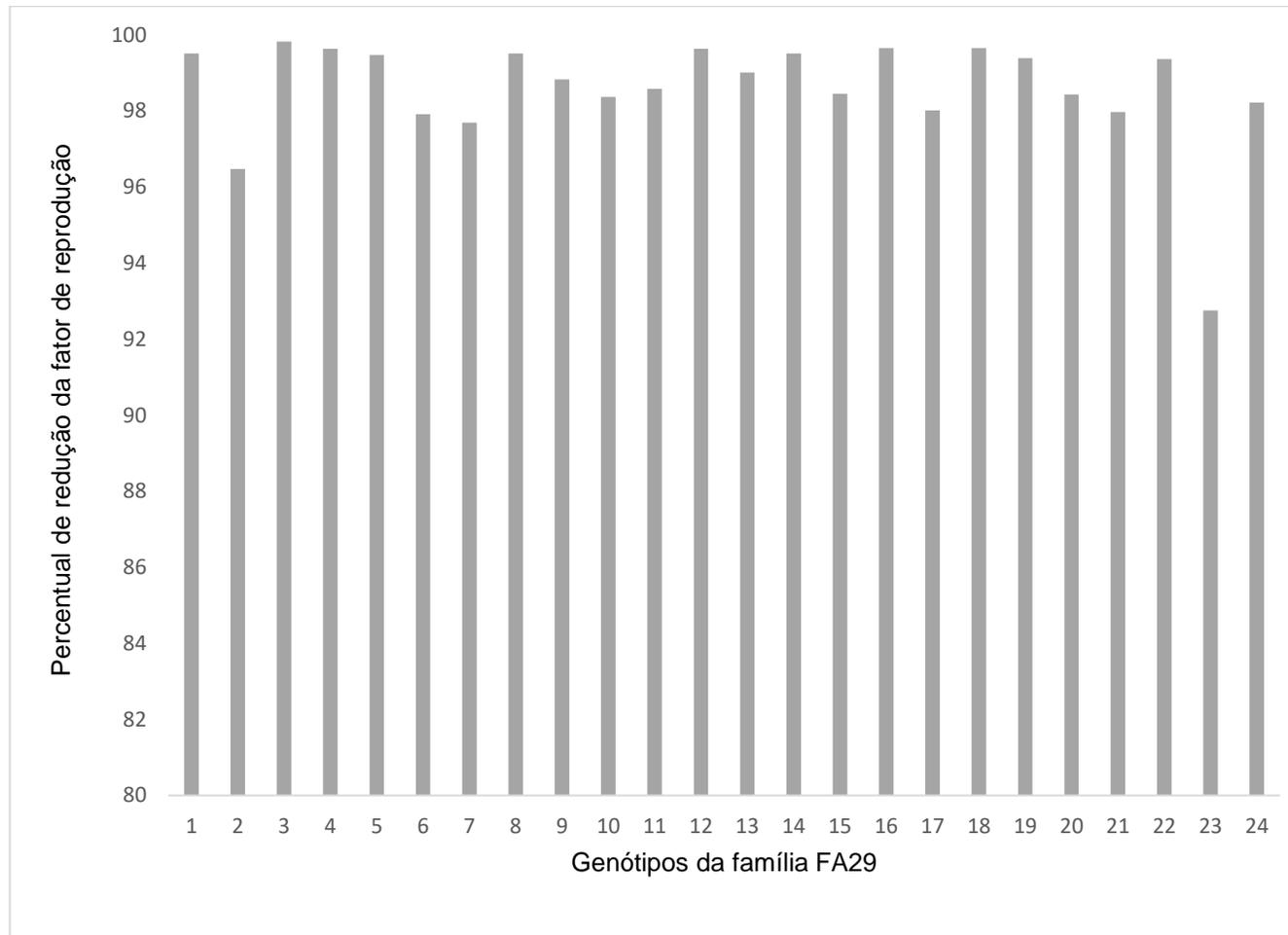


Figura 10. Valores do percentual de redução de FR (PR%) em cada um dos genótipos de *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) obtidos após autofecundação das flores de híbridos originários dos cruzamentos. Todos os indivíduos foram avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, com idade de 260 dias após a germinação das sementes.

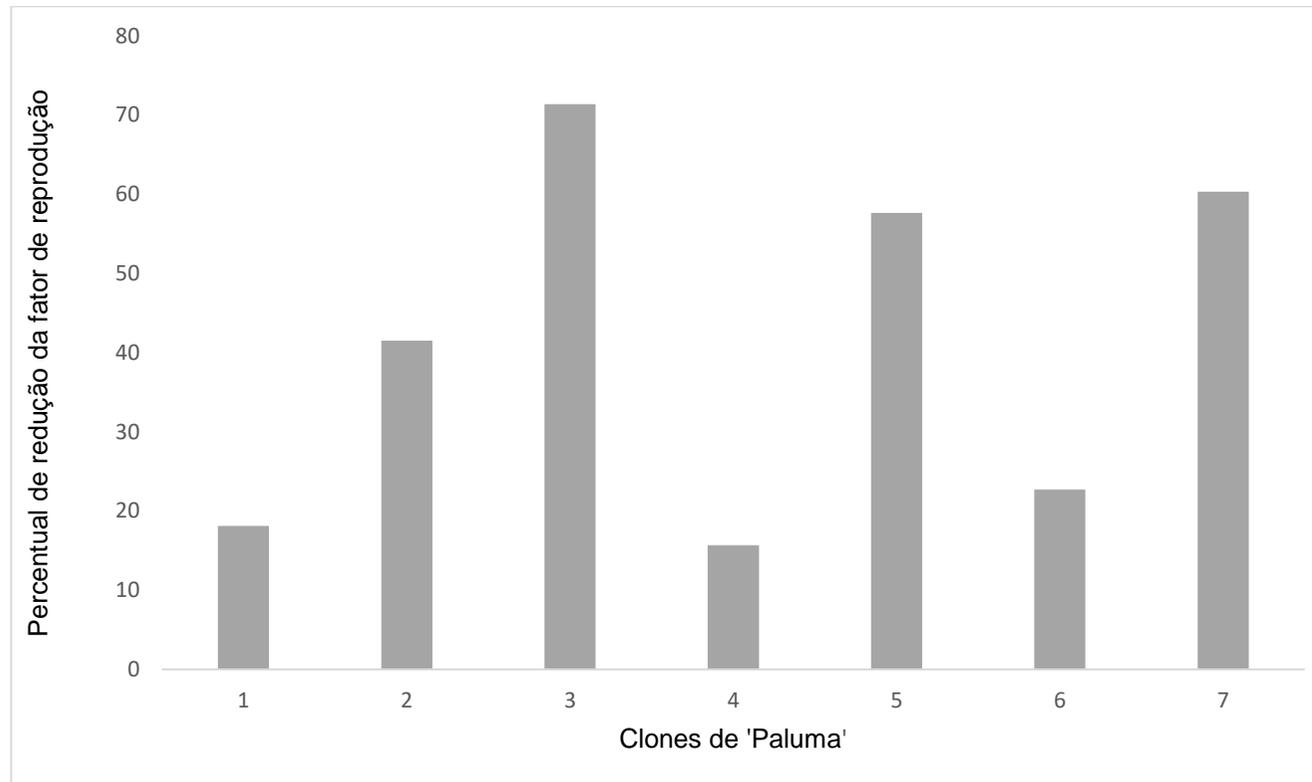


Figura 11. Valores do percentual de redução de FR (PR%) em cada um dos clones de 'Paluma' obtidos por miniestaquia de um jardim clonal. Todos os indivíduos avaliados aos 135 dias após a inoculação com *M. enterolobi*, com idade de 500 dias após a estaquia de cada clone.

Pelo critério de Oostenbrink (1966), um total de 30 indivíduos foram classificados como resistentes, enquanto pelo critério de Moura e Régis (1987), 33 indivíduos foram considerados resistentes, mostrando pequena diferença entre os métodos. Em ambas as classificações, nenhuma planta foi considerada imune.

Ribeiro et al (2019) trabalhando com cruzamentos de acessos de *P. guajava* x *P. cattleianum* (13,4II x P33), os mesmos que resultaram na FA121, avaliaram 81 genótipos e classificaram 11 como sendo imunes, 34 como resistentes e 36 suscetíveis pelo critério de Oostenbrink (1966). Quando os autores usaram os critérios de Moura e Régis (1987), no entanto, indicaram 11 como imune/altamente resistentes e 42 como resistentes. Neste caso, pelo último critério, 53 genótipos seriam selecionados contra 45 pela abordagem de Oostenbrink (1966). Assim como ocorreu no presente trabalho, um maior número de indivíduos foi agrupado na classe de resistentes quando foi usado o índice proposto por Moura e Régis (1987).

Quando se compara o critério proposto por Oostenbrink (1966) com a de Moura e Régis (1987) percebe-se consistência, e ambos mostram eficiência para a identificação e seleção de genótipos resistentes a *M. enterolobii*. Devido ao fato do critério proposto por Moura e Régis (1987) ser mais abrangente, oferecendo seis classes de classificação (AS, S, PR, MR, R e AR), em detrimento de apenas três (imune, resistente e suscetível) de Oostenbrink (1966), é possível estabelecer melhor triagem dos genótipos a serem selecionados proporcionando identificação de níveis intermediários da resistência (Ribeiro et al., 2019).

O melhoramento de plantas visando incorporar resistência a *M. enterolobii* em novas opções de copas ou porta-enxertos para a goiabeira por meio da hibridação interespecífica mostrou-se viável no trabalho de Ribeiro et al. (2019) e foi confirmado no presente trabalho no qual a resistência foi encontrada novamente nas famílias oriundas da autofecundação de flores desses híbridos.

Esse trabalho corrobora o de Ribeiro et al. (2019) e aponta segregação da resistência quando os híbridos são propagados por via seminífera. Nesse trabalho reforça-se a necessidade da propagação vegetativa dos indivíduos após sua seleção quanto a resistência ao nematoide. Uma vez que a resistência ao nematoide não foi encontrada em cultivares de goiabeira (Freitas et al., 2014; Gomes et al., 2017), o caminho para introgressão de genes de resistência da espécie *P. cattleianum* por meio da produção de híbridos interespecíficos torna-se

uma possibilidade consistente na obtenção de novas copas ou porta-enxertos para a goiabeira. Neste trabalho verificou-se que a provável autofecundação das flores de híbridos entre genótipos suscetíveis e resistentes ao nematoide possibilitou um novo ciclo de seleção de indivíduos resistentes.

A técnica da miniestaquia usada na propagação de todos os genótipos utilizados nesse experimento possibilitou que clones de todos os indivíduos das três famílias fossem mantidos em minijardins multiclonais, dessa forma, as plantas nas quais a resistência foi encontrada, podem ser multiplicadas novamente, sem o risco de perda de nenhum alelo de resistência.

Miniestacas de material juvenil de goiabeira e araçazeiros tiveram enraizamento variando entre 90 e 100% de eficiência (Marinho et al. 2009 e Altoé et al., 2011a) e seu potencial como ferramenta auxiliar para trabalhos de melhoramento genético da goiabeira foi apontado pelos autores. No presente trabalho a técnica também resultou em 100% de eficiência na multiplicação dos genótipos antes destes serem destinados à avaliação da resistência ao nematoide. A alta eficiência desse tipo de propagação está relacionada, também, ao controle da umidade no interior da câmara de nebulização e durante o processo de aclimação que podem ser visualizados na figura 12. Neste trabalho também foi demonstrado que meios-irmãos de genótipos com resistência comprovada não repetiram a resistência observada nos parentais. Assim, a clonagem prévia antes das avaliações de resistência é uma metodologia a ser aplicada na seleção de genótipos resistentes ao nematoide.

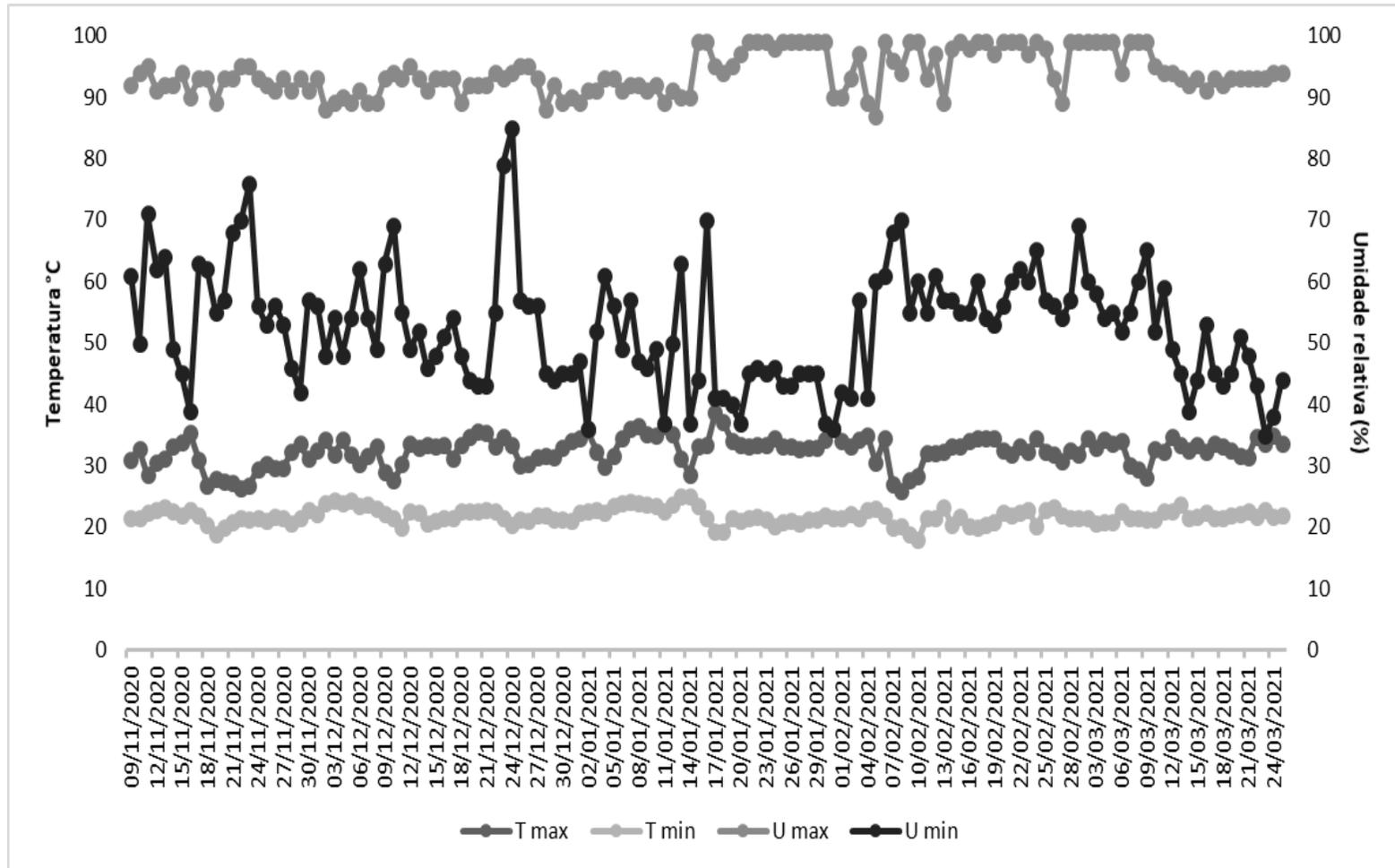


Figura 12. Temperaturas médias máximas e médias mínimas ($T^{\circ}\text{C}$ máx. e $T^{\circ}\text{C}$ min.) e umidade relativa do ar (UR%) no interior da casa de vegetação entre novembro de 2020 a março de 2021.

5.2 Número de ovos/grama de raiz, fator de reprodução e percentual de redução do FR (%) de três famílias de *Psidium*

A goiabeira 'Paluma' é uma cultivar conhecida pela sua suscetibilidade a *M. enterolobii* (Gomes et al., 2017), e no presente trabalho pode-se comprovar essa suscetibilidade, atestando a viabilidade do inóculo e do método de inoculação.

Os dados referentes a número de ovos/grama de raiz (NOJ/GR), fator de reprodução (FR) e percentual de redução do FR (PR%) dos acessos avaliados são apresentados na tabela 2. A família FA29 apresentou o menor NOJ/GR e FR, com valores de 14,09 e 0,47, respectivamente, e o maior PR%, um total de 98,58, diferindo significativamente dos demais, resultando na família com os melhores resultados em relação ao ataque do *M. enterolobii*. As famílias FA121 e FA3 não diferiram estatisticamente para essas três variáveis, apesar da FA3 ter valores um pouco melhores.

Tabela 2. Número de ovos/grama de raiz, Fator de reprodução e percentual de redução do FR (%) de genótipos de três famílias de *Psidium* 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, Fa121 e FA 29 com idade de 260 dias após a emergência e FA3 com idade de 500 dias após a estaquia do porta-enxerto

Família	Número de ovos/grama de raiz	Fator de reprodução	Percentual de redução do FR (%)
FA121	127,44 a	8,21 a	75,21 b
FA29	14,09 b	0,47 b	98,58 a
FA3	186,13 a	8,02 a	75,82 b
CV (%)	34,26	14,82	2,86

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna, para a mesma característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

O parasitismo de *M. enterolobii* ao sistema radicular das plantas de *Psidium* causa galhas, nas quais estão presentes massa de ovos do patógeno (Fachinello et al., 2000). Na figura 13, pode-se observar diferentes níveis de galhas no sistema

radicular das famílias de *Psidium*. A goiabeira ‘Paluma’ e plantas suscetíveis da FA121 e FA3 apresentaram esses sintomas, alguns indivíduos dessas mesmas famílias apresentaram pouca ou quase nenhuma presença dessas galhas, e uma baixa presença de ovos e J₂ resultando na classificação como plantas resistentes. Todos os indivíduos de goiabeira ‘Paluma’ avaliados estavam acometidos por uma grande quantidade de galhas, e alto fator de reprodução, confirmando sua suscetibilidade.



Figura 13. Sistema radicular de indivíduos das famílias de *Psidium* avaliados 135 após inoculação com *M. enterolobii*, sendo: A = FA29; B = Goiabeira ‘Paluma’; C = FA3 com número pequeno de galhas; D = FA3 com número alto de galhas; E = FA121, número pequeno de galhas; F = FA121, com número alto de galhas.

Souza et al. (2018) avaliando o híbrido *P. guajava* × *P. guineense*, encontraram resistência nesses genótipos, além de alta compatibilidade para uso como porta-enxerto em cultivares de goiabeira. Esse material foi registrado e protegido no Ministério da Agricultura, Pecuária do Brasil e Abastecimento – MAPA, com o nome BRS Guaraçá, permitindo aos produtores multiplicar comercializar este produto como medida de controle do nematoide em goiabeira.

Estudos têm sido realizados na tentativa de identificar espécies de *Psidium* resistentes a *M. enterolobii*. Ribeiro et al. (2019), buscando selecionar híbridos de *Psidium* spp. resistentes a *M. enterolobii*, mostraram que as estimativas de correlações genóticas para as populações de *Psidium* estudadas foram significativas e expressaram magnitudes elevadas para os traços NOJ/GR, FR e PR%. Indicando que essas variáveis (FR e o NOJ/GR), guardam estreita correlação entre si, tanto em genótipos com muita ou com poucas raízes. No presente trabalho pode-se perceber que a família menor NOJ/GR também teve menor FR.

5.3 Análises de características biométricas

As médias referentes à massa fresca de raiz (MSR), volume radicular (VR), massa seca de folhas (MSF) e massa seca de caule (MSC) das famílias avaliadas podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3. Médias da massa fresca de raízes, do volume de raízes, massa seca de folhas, massa seca de caule e área foliar de genótipos de três famílias de *Psidium* 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, Fa121 e FA 29 com idade de 260 dias após a emergência e FA3 com idade de 500 dias após a estaquia do porta-enxerto

Família	Massa fresca de raiz (g)	Volume de raízes (cm ³)	Massa seca de folhas (g) (MSF)	Massa seca de caule (g)
FA121	182,82 a	132,08 a	44,87 a	66,02 a
FA29	87,91 b	85,35 b	36,49 a	27,24 c
FA3	120,12 ab	107,39 ab	45,43 a	46,74 b
CV %	25,12	14,49	12,37	13,53

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna, para a mesma característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

FA121 foi oriunda de sementes de híbrido entre *P. guajava* x *P. cattleianum*; FA3 foi oriunda de sementes de híbrido proveniente do cruzamento entre *P. guineense* x *P. cattleianum* e FA29 de sementes de híbridos entre *P. cattleianum* x

P. guineense. De forma geral, os indivíduos dessas famílias apresentaram fenótipos semelhantes aos dos genitores femininos que foram utilizados na obtenção dos híbridos (figura 14).



Figura 14. Indivíduos de cada uma das três famílias de *Psidium*, 130 dias após a inoculação com *M. enterolobii*. Sendo, A = FA121; B = FA29; C = FA3.

Carneiro et al. (2007) observaram que mudas semíníferas da goiabeira 'Paluma', tiveram maior valor médio da massa de raízes em relação aos araçazeiros *P. friedrichsthalianum* e *P. cattleianum*.

Oliveira et al. (2019) verificaram que a massa de raiz de 'Paluma' não foi alterada de forma significativa quando o número de ovos inoculados foi aumentado, de 600 para 1.200 e 2.000, e quando comparado com os acessos de araçazeiros, foram formados três grupos, com a goiabeira ficando no grupo das maiores médias. As mudas tinham entre 15 a 20 cm de altura, foram inoculadas e avaliadas após oito meses. Os autores verificaram massa do sistema radicular da goiabeira com cerca de 27g e dos acessos de *P. cattleyanum* 'Red Araçá', 'Leodor' e 'Yacy' com 15, 7 e 7,1g, respectivamente.

Os dados referentes ao número de folhas, altura de planta e diâmetro de caule e área foliar (AF) das plantas das três famílias de *Psidium* avaliados podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4. Número de folhas, altura de planta e diâmetro de caule de genótipos de três famílias (FA) de *Psidium* 135 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, FA121 e FA29 com idade de 260 dias após a emergência e FA3 com idade de 500 dias após a estaquia do porta-enxerto

Família	Número de folhas	Altura de planta (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Área foliar (dm²)
FA121	93,83 b	164,29 a	15,67 a	56,35 a
FA29	183,96 a	92,79 c	9,99 c	36,35 b
FA3	83,31 b	128,47 b	13,49 b	52,06 a
CV (%)	21,12	12,50	11,68	10,06

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas na coluna, para a mesma característica, não diferem entre si pelo teste de Tukey em 5% de probabilidade.

Pode-se perceber que a família FA121 foi a que se mostrou mais vigorosa, tendo os maiores valores de altura de planta, diâmetro de caule e área foliar, e o segundo maior valor para número de folhas. Na FA3 observam-se valores intermediários entre as outras duas famílias. Reforça-se aqui que a parte aérea nesse tratamento é da goiabeira 'Paluma'. Na FA29 foi observado o maior número de folhas, apesar de ter sido a família que registrou o menor valor para área foliar. A explicação para isso vem em função do formato de folha das plantas dessa família ser diferente das outras duas, com menor área, mas em maior quantidade de folhas, como pode-se observar na Figura 14.

Além da resistência a *M. enterolobii*, quando se pensa em genótipos resistentes para uso como porta-enxertos, busca-se ao mesmo tempo a compatibilidade de enxertia do genótipo selecionado com a goiabeira. Essa resistência pode ser obtida em materiais anatomicamente incompatíveis, como foi visto no trabalho reportado por Freitas *et al.* (2014).

No trabalho anteriormente citado, *P. cattleianum*, *P. friedrichsthalianum*, e *P. rufum* foram resistentes a *Meloidogyne* spp., entretanto não houve viabilidade da combinação goiabeira sobre *P. rufum*, enquanto 50% das plantas enxertadas sobre *P. cattleianum* ou *P. Friedrichsthalianum* sobreviveram em condições de campo.

Robaina et al. (2012) constataram baixos índices de pegamentos de subenxertia entre a goiabeira 'Paluma' e acessos de *P. cattleianum*, não observando funcionalidade do sistema vascular, o que foi atribuído à incompatibilidade de enxertia entre as duas espécies já sugerindo existir incompatibilidade entre os tecidos da goiabeira com tais acessos. Robaina et al. (2015), estudando o vigor e a compatibilidade da goiabeira 'Paluma' enxertada sobre araçazeiros resistentes a *M. enterolobii*, verificaram que os genótipos de *P. cattleianum* tinham incompatibilidade quando usados como porta-enxertos para a goiabeira 'Paluma', o que foi observado nitidamente aos 12 meses após plantio no campo.

Biazatti (2013) observou bom desenvolvimento da goiabeira 'Paluma' produzida por enxertia sobre *P. guineense*, após o plantio no campo, e verificou-se uma excelente união de tecidos entre essas duas espécies, o que indica que essa combinação pode ter maior afinidade anatômica que a combinação *P. guajava* sobre *P. cattleianum*.

Dessa forma, espera-se que genótipos das famílias com fenótipos mais próximos da goiabeira, como as famílias FA121 e FA3 tenham maior afinidade de enxertia com a goiabeira e, ao mesmo tempo comportarem-se como porta-enxertos mais vigorosos, atingindo o ponto de enxertia mais precocemente.

5.4 Análise de Índice SPAD

Na Figura 15, pode-se visualizar os índices SPAD apresentados pelas três famílias de *Psidium*, durante cinco épocas avaliadas. Quando a folha nova (terceiro par de folhas desenvolvido) foi usada como método de análise desse índice, as três famílias iniciaram com valores de SPAD variando entre 41 e 44, a família FA29 chegou a ter uma leve queda na segunda época, mas com o passar dos dias, esse índice foi se elevando até atingir um índice de 58 na quarta época avaliada. As famílias FA121 e FA3 mantiveram seu crescimento linear, na primeira época apresentavam índice SPAD em torno de 41 e 43, respectivamente e encerraram as avaliações com esse índice em torno de 53.

Quando o índice SPAD foi avaliado na folha madura, houve maior variação dos valores das famílias durante as épocas. A família FA121 foi a que teve um

maior incremento durante as épocas, chegando ao índice de 53 na quinta época. Na FA29 o índice foi caindo até a terceira época, e a partir da quarta teve um ganho, permanecendo esse ganho durante a quinta época. Já a FA3 teve um ganho no índice até a terceira época, e nas duas épocas seguintes teve uma redução nos seus valores.

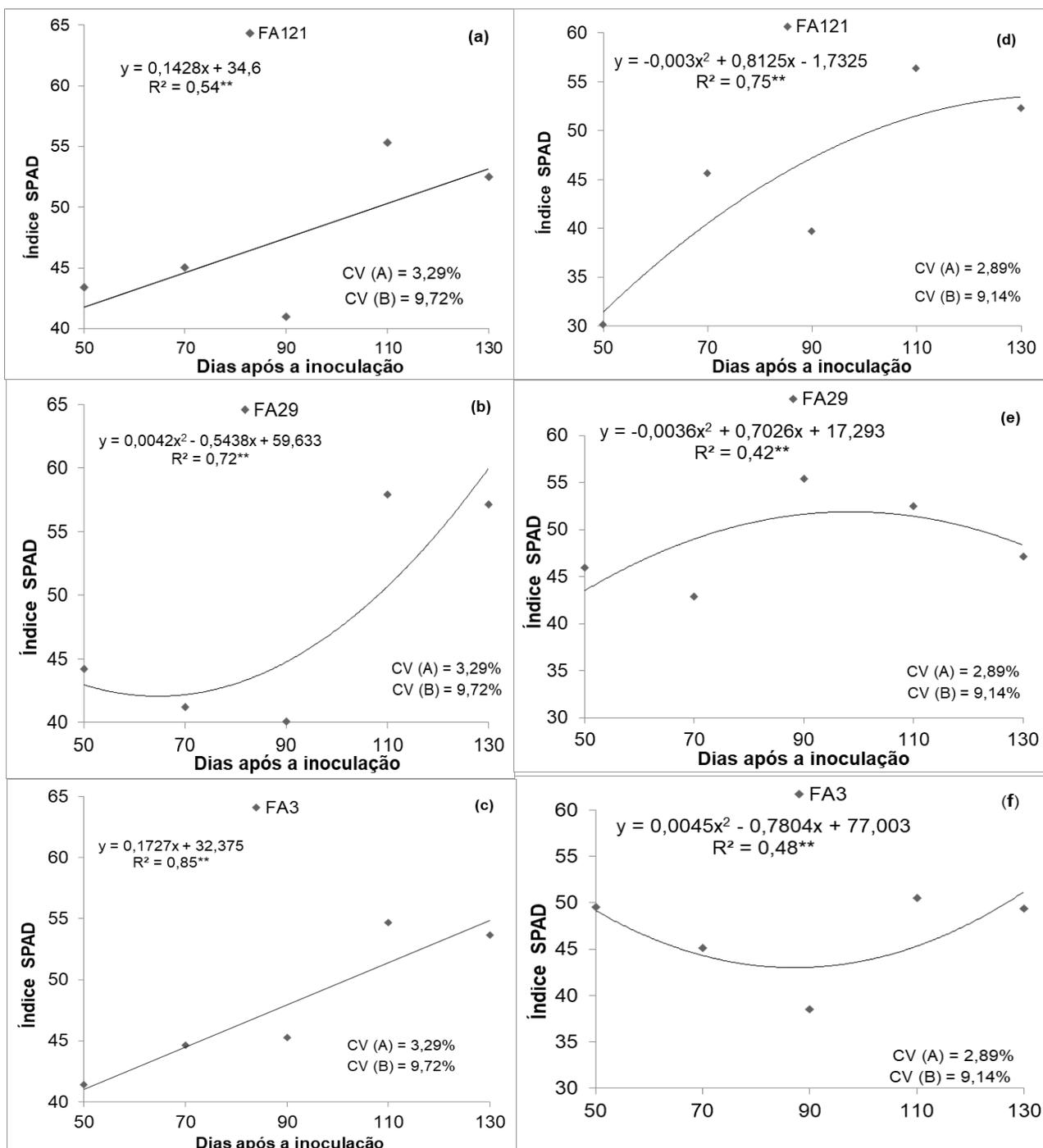


Figura 15. Índice SPAD medido na folha nova nas famílias FA121 (a), FA29 (b) e FA3 (c); Índice SPAD medido na folha madura FA121 (d), FA29 (e) e FA3 (f).

Durante as épocas avaliadas, pode-se perceber que não houve um declínio nos valores do índice SPAD, o que pode ser um indicador de que a infecção como *M. enterolobi* não afetou essa característica fisiológica das plantas, visto que com o passar dos 135 dias, houve o desenvolvimento do inóculo, que causaria um amarelecimento das plantas e, conseqüentemente, diminuiria o índice SPAD. Mesmo com a presença do fitopatógeno, as plantas conseguiram ter um bom desenvolvimento, sem ter sido registrada nenhuma morte durante o período, comprovando que o manejo usado nesse experimento foi adequado para a avaliação da resistência ao nematoide *M. enterolobii*.

A adubação utilizada, disponibilidade de água necessária e o espaço do vaso em que as plantas foram alocadas proporcionaram boas condições para o desenvolvimento da planta, mesmo com a presença do nematoide no sistema radicular. No intervalo de 135 dias, as plantas não tiveram uma queda no índice SPAD, além de se manterem vigorosas. Diferindo de resultados encontrados por Pereira et al. (2016), que observaram desenvolvimento das cultivares de *Psidium guajava* inoculadas com *M. enterolobii*, nas quais houve redução na coloração verde das folhas, bem como diminuição do vigor das plantas avaliadas por meio de aspectos visuais.

Rozane et al. (2009) estudaram as medidas de SPAD em goiabeiras 'Paluma' e 'Século XXI', cultivadas em solução nutritiva completa, para observar diferenças entre as cultivares, os tipos de folhas e cinco épocas de amostragem. Concluiu-se que a leitura SPAD em mudas de goiabeira é diferente, quando é feita em diferentes cultivares, tipos de folhas e épocas de amostragem. O terceiro par de folhas mostrou-se o mais adequado para avaliar o estado nutricional do nitrogênio nas plantas, a partir da leitura SPAD. As cultivares de goiabeiras tiveram diferenças na leitura SPAD apenas na primeira e terceira época avaliada após o transplântio, independente do tipo de folha.

Chiamolera et al. (2018), avaliando o dossel de araçazeiros suscetíveis ao *M. enterolobii*, seis meses após a inoculação, verificaram sintomas secundários no dossel dessas plantas, como bronzeamento, amarelecimento e queda foliar, com maior intensidade em *P. guajava* var. *minor* e *Psidium* sp. Os sintomas secundários foram causados devido aos danos sofridos pelo sistema radicular, principalmente devido à sua redução, havendo menor absorção e transporte de

água e nutrientes do solo, o que afetou o desenvolvimento e crescimento das plantas. Além do déficit de nitrogênio, deficiências de fósforo, potássio e magnésio também foram observadas nas folhas de espécies de araçás suscetíveis a *M. enterolobii*. Gomes et al. (2008) mostraram que esses sintomas de deficiência foliar de nitrogênio e outros nutrientes estão associados a clorose, queimação nas margens, murchamento e queda das folhas e são característicos de plantas com sintomas avançados de declínio.

Esses aspectos podem ser considerados para estabelecimento de protocolos adequados que permitam a proliferação do nematoide nas raízes, mas que não matem as plantas em curto espaço de tempo. A adubação empregada nesse trabalho pode ser extrapolada para outros trabalhos de seleção de genótipos de *Psidium* quanto à sua resistência a *M. enterolobii*. O bom desenvolvimento das plantas pode ser relacionado com a teoria da trofobiose, que mostra como os mecanismos fisiológicos do estresse, são capazes de motivar o estado em que aminoácidos livres e açúcares redutores estejam disponíveis para alimentação do fitoparasita, sendo as práticas agrícolas executadas conforme as necessidades da cultura, um fator capaz de minimizar sua ação deletéria (Vilanova e Silva Júnior, 2009).

6. RESUMO E CONCLUSÕES

A goiaba é uma das frutas de maior importância comercial da família Myrtaceae, é bastante apreciada pelo seu sabor, aroma característico, e seu alto valor nutritivo. Todavia, a goiabeira (*Psidium guajava*) é suscetível ao nematoide *Meloidogyne enterolobi*, que ataca seu sistema radicular e favorece o ataque do fungo *Neocosmospora falciformes*, essa sinergia é denominada Declínio da goiabeira. Isso tem dizimado pomares e aumentado riscos para novos plantios. A resistência ao nematoide tem sido encontrada em genótipos de várias espécies de araçazeiros, o que tem direcionado vários cruzamentos interespecíficos, buscando-se ampliar a variabilidade e possibilitar a seleção de híbridos para uso como copas ou porta-enxertos para a goiabeira. O objetivo desse trabalho foi efetuar um novo ciclo de seleção de indivíduos resistentes ao nematoide *M. enterolobii* em famílias de híbridos gerados por três tipos de cruzamentos interespecíficos. Uma nova metodologia para essa seleção foi proposta utilizando-se a miniestaquia precoce para clonagem de todos os genótipos anteriormente à inoculação, necessária para a avaliação da resistência. O delineamento experimental adotado foi em DIC, com três famílias constituindo os tratamentos, 12 repetições e número variável de plantas por parcela. A primeira família foi obtida a partir da autofecundação de um indivíduo proveniente do cruzamento entre *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121) e a segunda pela autofecundação de outro indivíduo proveniente do cruzamento entre *P. cattleianum* x *P. guineense* (FA29). O terceiro tratamento foi constituído

por mudas da goiabeira 'Paluma' enxertadas sobre um *pool* de indivíduos derivados do cruzamento de primeira geração de híbridos de *P. guineense* x *P. cattleianum* (FA3). As plantas das duas primeiras famílias foram obtidas por via seminífera, enquanto as da FA3 foram obtidas por propagação vegetativa, todas conduzidas em vasos de 5L. Mudas da goiabeira 'Paluma' produzidas por estaquia foram utilizadas como padrão de viabilidade do inóculo. Ao atingirem 6 a 8 pares de folhas, todas as plantas foram inoculadas com suspensão aquosa de *M. enterolobii* contendo 2.000 ovos e J₂, e foram feitas análises do índice SPAD até 135 após a inoculação. Após esse período, as plantas tiveram seu sistema radicular processado para retirada dos ovos e J₂, os quais foram contabilizados. As plantas foram classificadas como imunes, resistentes ou suscetíveis a *M. enterolobii* de acordo com o fator de reprodução (FR) e percentual de redução do FR (PR%). Nas plantas da FA121, sete foram classificadas como resistentes pelo FR, enquanto o PR% classificou nove. Já na FA29 houve um maior número de plantas resistentes, um total de 22 com o FR e 23 com PR%. Na FA3, apenas uma planta foi considerada resistente pelos dois métodos de classificação. Diante disso, conclui-se que: novos genótipos resistentes a *M. enterolobii* foram selecionados nas três famílias, aumentando a variabilidade de materiais resistentes para avaliações posteriores, para uso como copas comerciais ou porta-enxertos; a família do híbrido *P. guajava* x *P. cattleianum* (FA121), mostrou-se com as melhores características biométricas para um possível uso como copa ou porta-enxerto; o manejo utilizado propiciou que as plantas não apresentassem na parte aérea, no período avaliado, os sintomas clássicos do ataque do nematoide, como clorose e murcha, mesmo as que tiveram o sistema radicular bastante atingido por galhas; um jardim multiclonal, com os indivíduos resistentes, pôde ser estabelecido, e será utilizado para futuras pesquisas de avaliação agronômica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, F.D., Xavier, A., Dias, J.M.M., Paiva, H.N. (2007) Eficiência das auxinas (AIB e ANA) no enraizamento de miniestacas de clones de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. *Revista Árvore*, Viçosa, 31: 455-463.
- Almeida, E.J., Martins, A.B.G., Santos Almeida, J.M. (2009) Resistência de goiabeiras e araçazeiros a *Meloidogyne mayaguensis* e estudo da compatibilidade na enxertia. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, Brasília. 44(4): 421-423.
- Altendorf, S. (2018) Minor tropical fruits. *Food Outlook*. FAO. http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Minor_Tropical_Fruits_FoodOutlook_1_2018.pdf, 67-75.
- Altoé, J.A., Marinho, C.S., Terra, M.I.C., Barroso, D.G. (2011a) Propagação de araçazeiro e goiabeira via miniestaquia de material juvenil. *Bragantia*, 70(2): 312-318.
- Altoé, J.A., Marinho, C.S., Terra, M.I.C., Carvalho Júnior, C. A. (2011b) Multiplicação de cultivares de goiabeira por miniestaquia. *Bragantia*, 70(4): 801-809.
- Altoé, J.A., Marinho, C. S. (2012). Serial minicutting technique for guava 'Paluma' propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34, 576-580.

- Alves, G.C.S., Barbosa, V.H.S., Giband, M., Barroso, P.A.V., Rodrigues, F., Rocha, M.R.D. (2017). Herança da resistência do acesso TX 25 de algodoeiro a *Meloidogyne incognita* raça 3. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39:(3) 331-337.
- Alves, L.F. (2018) *Propagação vegetativa de assa-peixe (Vernonia polyanthes (Spreng.) Less.): estaquia caular e miniestaquia*. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 72p.
- Arantes, M.B.D.S., Marinho, C.S., Santos, R.F.D., Galvão, S.P., Vaz, G.P., Viana, A.P. (2021). Anticipating the formation of guava seedlings using mini-grafting onto smaller-diameter clonal rootstocks. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 43: e-211.
- Bezerra, J.E.F., Lederman, I.E., Silva Junior, J.F., Proença, C.E.B. (2006) *Araçá. Frutas Nativas da Região Centro-Oeste do Brasil*. 1.ed. Brasília. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p. 42-62.
- Biazatti, M.A., Souza, R.M., Marinho, C.S., Guilherme, D.O., Campos, G.S., Gomes, V.M., Bremenkamp, C.A. (2016). Resistência de genótipos de araçazeiros a *Meloidogyne enterolobii*. *Ciência Rural*, 46(3): 418-420.
- Biazatti, M.A., Marinho, C.S., Arantes, M.B.S., Guilherme, D.O. (2018) Multiplication of Cattley guava by different techniques and variability among genotypes in vigor and rooting. *Cerne* 24(4): 379-386.
- Biazatti M.A. (2013). *Potencial de enraizamento, vigor, enxertia interespecífica e resistência a Meloidogyne enterolobii em genótipos de araçazeiros* Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, 67p.
- Bonifácio, B. F. (2017) *Produção de portaenxerto de goiabeira com águas de diferentes salinidades e adubação potássica*. Tese (Mestre em Produção e Tecnologia Agroindustrial) - POMBAL-PB, Universidade Federal de Campina Grande, 71p.
- Borém, A., Miranda, G.V., Fritsche-Neto, R. (2017). *Melhoramento de Plantas*. 7.ed. Viçosa: Editora UFV, 296p.

- Burla, R.S., Souza, R.M., Gomes, V.M., Correa, F.M. (2010). Comparação entre níveis de inóculo, época de avaliação e variáveis para seleção de *Psidium* spp. visando à resistência a *Meloidogyne mayaguensis*. *Nematologia Brasileira*, 34: 82–90.
- Campos, G.S.; Marinho, C. S.; Portella, C.R.; Amaral, B.D.; Carvalho, W. S. G. (2017). Production of guava mini-grafted on intra or interspecific rootstock. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39: (206) 15-635.
- Cardoso, J.C., Costa, B.T., de Almeida, E.J., Almeida, E.J. de. (2017) Pollination and in vitro germination of seeds for interspecific hybridization of *Psidium guajava* and *Psidium cattleianum*, *Euphytica* 213: 146.
- Candido, W.S. (2013) *Controle genético da resistência a Meloidogyne incognita em Cucumis melo L.* Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Jaboticabal – SP, Universidade Estadual Paulista, UNESP, 37p.
- Carneiro, R.M.D.G., Moreira, W.A, Almeida, M.R.A., Gomes, A.C.M.M. (2001) Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira*, 25: 223-228.
- Carneiro, R.M.D.G., Cirotto, P.A., Quintanilha, A.P., Silva, D.B., Carneiro, R.G. (2007) Resistance to *Meloidogyne mayaguensis* in *Psidium* spp. Accession and their grafting compatibility with *P. guajava* cv. Paluma. *Fitopatologia Brasileira*, 32: 281-284.
- Castro, J. M. C. (2019) *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 306: 41-48.
- Castro, J.M.C., Ribeiro, J.M., Ribeiro Júnior, P.M., Almeida, E.J., Sousa, A.D., Oliveira, P.G. (2017). Reproduction of the guava root-knot nematode in *Psidium* accesses. *Comunicata Scientiae*, 8 (1): 149-154.
- Chiamolera, F.M., Martins, A.B.G., Soares, P.L.M., Chiamolera, T.P.L.C. (2018). Reação de possíveis portaenxertos de goiabeira a *Meloidogyne enterolobii*. *Ceres*. 65 (3): 291-295.
- Cianzio, S.R., Arelli, P.R., Swaminathan, S., Bhattacharyya, M.K., Gebhart, G., Aboobucker, S.I., Carvalho, J.P.S. (2019). Registro de cultivar 'IAR1902 SCN'

- resistente ao nemátodo do cisto de soja e podridão do caule marrom. *Jornal de Registros de Plantas*, 13 (3): 334-344.
- Coolen, W.A.; D'herde, C.J. (1972) A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. Ghent: *State Nematology and Entomology Research Station*, 77p
- Correia, A.O., Silva, M.V., Cabanez, P.A., Alves, F.R., Costa, A.V., Queiroz, V.T., Xavier, A.S., Costa, D.C. (2019) O declínio da goiabeira: desafios e novas perspectivas para o manejo. in: produção e manejo de culturas agrícolas de importância econômica. Maringá, PR: Uniedusul, p. 7–17.
- Costa, A. F. S., Costa, A. N. (2003) Seleção de plantas matrizes de goiaba, produção de mudas e normas de condução de viveiros. p. 67-88. In: Costa, A. F. S., Costa A. N. Tecnologias para produção de goiaba. Vitória: INCAPER, 341p.
- Costa, I.R., Forni-Martins, E.R. (2006) Chromosome studies in species of *Eugenia*, *Myrciaria* and *Plinia* (Myrtaceae) from south-eastern Brazil. *Australian Journal of Botany*, 54 (4): 409-415.
- Costa, S.R., Santos, C.A.F., Castro, J.M.C. (2016) Inheritance of resistance to *Meloidogyne enterolobii* in *Psidium guajava* x *P. guineense* hybrid. *European Journal of Plant Pathology*, 148: 405–411.
- Costa, J.C.F., Mendonça, R.M.N., Fernandes, L.F., Silva, G.C., Silva, S.M., Pereira, W.E., Cavalcanti, L.F., Figueiredo, L.F. (2017) Rooting inducers and organic substrates in the propagation of 'Paluma' guava by cutting. *African Journal Agricultural Research*, 12 (5): 371-376.
- Costa, S.R., Santos, C.A.F., Castro, J.M.C. (2012) Assessing *Psidium guajava* x *P. guineense* Hybrids Tolerance to *Meloidogynose enterolobii*. III International Symposium on Guava and other Myrtaceae, Petrolina: *acta horticulturae*, p. 59-66.
- Costa, S.R., Santos, C.A.F. (2013) Allelic database and divergence among *Psidium* accessions by using microsatellite markers. Embrapa Semiárido-Árido em periódico indexado (ALICE).

- Costa, J.C.F. (2015) *Enraizamento de estacas de goiabeira (Psidium guajava L.) cultivares Século XXI e Paluma*. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Areia - PB, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 136p.
- Costa, J.C.F., Mendonça, R.M.N., Silva, G.C., Silva, S.M., Pereira, W.E., Santos, C.E.M. (2019) Effect of indolebutyric acid immersion period on the rhizogenic process of guava cuttings (*Psidium guajava* L.) cultivar Século XXI. *Journal of Experimental Agriculture International*, 32 (5): 1-7.
- Cuadra, R., Quincosa, A. (1982) Potential of different *Psidium* species as sources for resistance of guava to *Meloidogyne*. *Ciencias de la Agricultura*, 13: 19-26.
- Demartelaere, A.C.F., Freitas, C.D.M., Soares, E.B., Queiroz, A.P.O., Sales Junior, R. (2015) Seleção de genótipos de cucurbitáceas a *Monosporascus cannonballus* e compatibilidade de portaenxertos. *Revista Caatinga*, Mossoró, 28 (1): 13-18.
- Dias, J.M.M., Felismino, D.C., Motoike, S.Y., Siqueira, D.L., Bruckner, C.H. (2014) Propagação da goiabeira. Disponível em: http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoiaba_pdf/16_propagacaogoiaba.pdf. Acesso em: 18 maio. 2020.
- Di Stasi, L.C., Hiruma-Lima, C.A. (2002) *Plantas Medicinais na Amazônia e na Mata Atlântica*. 2.ed. Jaboticabal: Editora UNESP, 604p.
- Fachinello, J.C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C., Kersten, E., Fortes, J.R.L. (1995) *Propagação de plantas frutíferas de clima temperado*. 1 ed. Pelotas: Editora UFPel, 179p.
- Fachinello, J.C., Silva, C.A.P., Sperandio, C., Rodrigues, A.C., Strelow, E.Z. (2000). Resistência de porta-enxertos para pessegueiro e ameixeira aos nematóides causadores de galhas (*Meloidogyne* spp.). *Ciência Rural*, 30, 69-72.
- Ferreira, G.O., Nascimento, R.C., Costa, S.R., Nogueira, T.O., Santos, C.A.F., Flori, J.E. (2013) Propagação vegetativa de plantas originadas do cruzamento entre *Psidium guajava* x *Psidium guineense*, resistentes a *Meloidogyne enterolobii*. In: Jornada de iniciação científica da Embrapa Semiárido, Petrolina: Embrapa Semiárido p.15-19.

- Franzon, R.C., Campos, L.Z. de O., Proença, C.E.B., Sousa-Silva, J.C. (2009) Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos. Planaltina: Embrapa Cerrados, *Documentos*, 266: 48p.
- Flora Do Brasil. (2020) Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Disponível em:
<<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=5CDDAA5B2FD557EA8BA3DB151E86829E>> em Acesso em 10 Fev. 2020.
- 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. (2014) Resistant accessions of wild *Psidium* spp. to *Meloidogyne enterolobii* and histological characterization of resistance. *Plant Pathology*, Oxford, 63: 738-746.
- Freitas, V.M., Silva, J.G., Gomes, C.B., Castro, J.M., Correa, V.R., Carneiro, R.M. (2017) Host status of selected cultivated fruit crops to *Meloidogyne enterolobii*. *European Journal of Plant Pathology*, 148 (2): 307-319.
- Gomes, V.M., Ribeiro, R.M., Viana, A.P., Souza, R.M., Santos, E.A., Rodrigues, D.L., Almeida, O.F. (2017) Inheritance of resistance to *Meloidogyne enterolobii* and individual selection in segregating populations of *Psidium* spp. *European Journal of Plant Pathology*, 148 (3): 699–708.
- Gomes, V.M., Souza, R.M., Mussi-Dias, V., Silveira, S.F. Dolinski, C. (2011) Declínio da goiabeira: doença complexa envolvendo *Meloidogyne enterolobii* e *Fusarium solani*. *Journal of Phytopathology*, 159: 45-50.
- Gomes, V.M., Souza, R.M., Almeida, A.M., Dolinski, C. (2014) Relationships between *M. enterolobii* and *F. solani*: spatial and temporal dynamics in the occurrence of guava decline. *Nematoda*, 1 (1): 1-10.
- Govaerts, R., Sobral, M., Ashton, P., Barrie, F., Holst, B.K., Landrum, L.L., Matsumoto, K., Mazine, F.F., Lughadha, E.N., Proença, C., Soares Silva L.H., Wilson, P.G., Lucas, E. (2011) World checklist of Myrtaceae. In: The Board of

Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew. <http://www.kew.org/wcsp/> Acesso em: Fev de 2021.

- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies Junior, F.T., Geneve, R.L. (2011) *Plant Propagation: Principles and Practices* (8ed.). 915p.
- Hossel, C. *Enraizamento de mini-estacas de jabuticabeiras, pitangueira, araçazeiro amarelo e sete capoteiro* (2016) Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 132p.
- Hossel, C., Hossel, J.S.A., Oliveira Júnior, A.W., Silva, M., Citadin, I. (2017). Tempo e temperatura da pré-secagem pós hidrocondicionamento em sementes de araçazeiro 'ya-cy'. *Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária*, 1 (1): 45-51.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Estatística e Geografia. (2020) Área destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura permanente.
- Justino, S.T.P., Arriel, E.F., Arriel, D.A.A., Moraes, Y.Y.G.A., De Moraes Monte, A. A., Dos Santos, S. P. (2017) Sistema de manejo em minijardim clonal de *Myracrodruon urundeuva* Allemão. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 13 (3): 255-263.
- Kareem, A., Manan, A., Saeed, S., Rehman, S.U., Shahzad, U., Nafees, M. (2016) Effect of different concentrations of IBA on rooting of Guava (*Psidium guajava* L.) in low tunnel under shady situation. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 110 (2): 197-203.
- Landrum, L.R., Clark, W.D., Sharp, W.P., Brendecke, J. (1995) Hybridization between *Psidium guajava* and *Psidium guineense* (Myrtaceae). *Economic Botany*, 49: 153-161.
- Lima, R.D.L.S.D., Siqueira, D.L.D., Weber, O.B., Cazetta, J.O. (2006). Comprimento de estacas e parte do ramo na formação de mudas de aceroleira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 28, 83-86.
- Lopes, J. C., Alexandre, R. S., Correia, A. O., Maciel, K. S., Cabanez, P. A. (2016) Enxertia em fruteiras. In: Ferreira, A., Lopes, J. C., Ferreira, M. F. S., SOARES,

- T. C. B. *Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI* [e-book]. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 37-60.
- MAPA. Cultivarweb. Ministério da Agricultura do Governo. Federal:http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php em 30 de março de 2021.
- Mani, A., Mishra, R., Thomas, G. (2011) Elucidation of diversity among *Psidium* Species using morphological and SPAR methods. *Journal of Phytopatology*, 3: 53-61.
- Manica, I., Icuma, I.M., Junqueira, N.T.V., Salvador, J.O., Moreira, A., Malavolta, E. (2000) *Fruticultura tropical: goiaba*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 374p.
- Manica, I., Icuma, I.M., Junqueira, N.T. V., Salvador, J.O., Moreira, A., Malavolta, E. (2001) *Goiaba do plantio ao consumidor: tecnologia de produção, pós-colheita, comercialização*. Porto Alegre: Cinco Continentes, 124p.
- Maranhão, S.R.V.L., Moura, R.M., Pedrosa, E.M.R. (2001) Reação de genótipos de goiaba a *Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. mayaguensis*. *Nematologia Brasileira*, 25: 191-195.
- Marinho, C.S., Milhem, L.M.A., Altoé, J.A., Barroso, D.G., Pommer, C.V. (2009) Propagação da goiabeira por miniestaquia. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31 (2): 607-611.
- Marques, M. Da S., Pimentel, J. (2012) Hospedabilidade de diferentes espécies de plantas a *Meloidogyne enterolobii* no Estado do Rio De Janeiro. *Nematropica*, 42 (2): 304–313.
- Martins, A.B.G., Hojo, R.H. (2009) Propagação da Goiabeira. In: Natale W, Rozane De, Souza Ha, Amorim Da. (Eds.). *Cultura da Goiaba do Plantio à Comercialização*. 1. Ed. Jaboticabal: FCAV Capes, CNPq, FAPESP, Fundunesp, SBF, p. 399-406.
- Martins, L.S., Musser, R.S., Souza, A.G., Resende, L.R., Maluf, W. R. (2013). Parasitismo de *Meloidogyne enterolobii* em espécies de Myrtaceae. *Revista brasileira de fruticultura*, 35 (2), 477-484.

- Melo, D.R.M. (2014) *Inoculation methods, reaction of accessions and inheritance of resistance of melon plant to Rhizoctonia solani*. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) - Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, 101 p.
- Milhem, L.M.A., Marinho, C.S., Guilherme, D.O., Freitas, S.J., Freitas, J.A.A. (2014) Ambientes de enraizamento para goiabeiras propagadas por estaquia ou miniestaquia. *Vértices, Campos dos Goytacazes/RJ*, 16 (3): 75-85.
- Miranda, G.B., Souza, R.M., Gomes, V.M., Ferreira, T.F., Almeida, A.M. (2012) Avaliação de acessos de *Psidium spp.* quanto à resistência a *Meloidogyne enterolobii*. *Bragantia*, 71 (1): 52-58.
- Moura, R. M., Regis, E. M. O. (1987). Reações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). *Nematologia Brasileira*, 11: 215-225.
- Nachtigal, J.C., Fachinello, J. C., Hoffmann, A. (2005). Propagação vegetativa por estaquia. *In: Fachinello, J. C., Hoffmann, A., Nachtigal, J.C. (Ed.). Propagação de plantas frutíferas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. p. 111-147.
- Natale, W., Coutinho, E.L.M., Boaretto, A.E., Pereira, F.M. (1996) *Goiabeira: calagem e adubação*. Jaboticabal: FUNEP, 22p.
- Oliveira, G.H.F., Santana, S., Fonseca, R.C.N., Lima, L.E., Gomes, L.A.A., Carvalho Filho, J.E.L.S. (2015). Cepas de alface foliar resistentes a *Meloidogyne incognita*. *African Journal of Agricultural Research*, 10: 4660-4667.
- Oliveira, I.P., Oliveira, L.C., Moura, C.S.F.T., Lima Júnior, A.F., Rosa, S.R.A (2012) Cultivo da goiabeira: do plantio ao manejo. *Revista Faculdade Montes Belos*, 5: 137-156.
- Oliveira, P.G.D., Queiróz, M.A.D., Castro, J., Ribeiro, J., Oliveira, R.S.D., Silva, M. J.L.D (2019). Reaction of *Psidium spp.* Accessions to different levels of inoculation with *Meloidogyne enterolobii*. *Revista Caatinga*, 32: 419-428.

- Oliveira, P.G. (2017) *Avaliação de acessos de Psidium spp. visando resistência a o nematoide Meloidogyne enterolobii e à salinidade*. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Recursos Genéticos Vegetais) - Feira de Santana - BA Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, 73 p.
- Oostenbrink, M. (1966). *Major characteristic of the relation between nematodes and plants*. Wageningen: Medelingen Landbouwhogeschool 46p.
- Patel, S. (2012). Exotic tropical plant *Psidium cattleiaum*: a review on prospects and threats. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol*, 11: 243-248.
- Paulus, D., Valmorbida, R., Toffoli, E., Paulus, E. (2014) Propagação vegetativa de *Aloysia triphylla* (L'Hér.) Britton em função da concentração de AIB e do comprimento das estacas. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 16 (1): 25-31.
- Pereira, F.O.M., Souza, R.M., Souza, P.M., Dolinski, C., Santos, G.K. (2009) Estimativa do impacto econômico e social direto de *Meloidogyne mayaguensis* na cultura da goiaba no Brasil. *Nematologia Brasileira*, 33 (2): 176-181.
- Pereira, F.M., Nachtigal, J.C. (1997) Propagação da goiabeira. *Anais do Simpósio brasileiro sobre a cultura da goiabeira*, Funep, 1: 17-32.
- Pereira, K.C., Soares, P.L.M., Santos, J.M., Batista, E.S.P., Maldonado Júnior, W. (2016) Development of guava cultivars parasitized by *Meloidogyne enterolobi*. *Nematropica*, Bradenton, 46 (1): 54-59.
- Pommer, C.V., Murakami, K.R.N. (2009) Breeding Guava (*Psidium guajava* L.). Breeding Plantation Tree Crops. *Tropical Species Springer*. New York, 10: 8-20.
- Ramalho, M.A.P., Santos, J.B., Abreu, A.F.B., Nunes, J.A.R. (2012) *Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas*. Lavras: Editora UFLA, 522p.
- Raseira, A.; Raseira, M.C.B. Araçá Ya-cy. (2000) *Novas variedades brasileiras de frutas*. Jaboticabal: SBF, p. 42-43.

- Ribeiro, R.M., Gomes, V.M., Viana, A.P., Souza, R.M.D., Santos, P.R.D. (2019) Selection of interspecific *Psidium* spp. hybrids resistant to *Meloidogyne enterolobii*. *Acta Scientiarum Agronomy*, 41: 1-11.
- Robaina, R.R., Campos, G.S., Marinho, C.S., Souza, R.M., Bremenkamp, C.A. (2015) Grafting guava on cattley guava resistant to *Meloidogyne enterolobii*. *Ciência Rural*, 45: 1579-1584.
- Robaina, R.R., Marinho, C.S., Souza, R.M., Campos, G.S. (2012) Subenxertia da goiabeira 'Paluma' com araçazeiros resistentes a *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: (3) 951-955.
- Rodriguez, E.A.G., Padrella, E.A., Souza, P.V.D., Shafer, G. (2016) Propagação assexuada de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) por estacas de folhas e ramos jovens. *Revista Árvore*, 40 (4): 707-714.
- Rozane, D.E., Souza, H.A.D., Prado, R.D.M., Natale, W., Franco, C.F., Leal, R. M. (2009). Influência do cultivar, do tipo de folha e do tempo de cultivo na medida indireta da clorofila (SPAD) em mudas de goiabeira. *Ciência e Agrotecnologia*, 33: 1538-1543.
- Santos, M.S., Petkowicz, C.L.O, Wosiacki, G., Nogueira, A., Carneiro, E.B.B. (2007) Caracterização do suco de araçá vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) extraído mecanicamente e tratado enzimaticamente. *Acta Scientiarum Agronomy*, 29: 617-621.
- Schwengber, J.E., Dutra, L., Kersten, E. (2000) Efeito do sombreamento da planta matriz e do PVP no enraizamento de estacas de ramos de araçazeiro (*P. cattleianum* Sabine). *Revista Brasileira de Agrociência*, 6 (1): 30-34.
- Silva, A.A., Souza, I.V.B., Porto, J. S., José, A. R. (2020). Utilização de fungos benéficos na formação de mudas de goiabeira em solos infestados com nematoides. *Nativa*, 8 (2): 178-184.
- Silva, E.F.D., Araújo, R.L.D., Martins, C.D.S.R., Martins, L.S.S., Veasey, E.A. (2016). Diversity and genetic structure of natural populations of araçá (*Psidium guineense* Sw.). *Revista Caatinga*, 29 (1): 37-44.

- Silva, R.V., Oliveira, R.D.L. (2010) Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) em Goiabeiras no Estado de Minas Gerais, Brasil. *Nematologia Brasileira*, 34 (3): 172-177.
- Soares, L.A.A., Brito, M.E.B., fernandes, P.D., Lima, G.S., Soares Filho, W.S., Oliveira, E.S. (2015) Crescimento de combinações copa x porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. *Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina grande, 19 (3): 211–217.
- Souza, A.G., Resende, L.V., Lima, I.P., Santos, R.M. (2014) Variabilidade genética de acessos de araçazeiro e goiabeira suscetíveis e resistentes a *Meloidogyne enterolobii* *Ciência Rural*, 44 (5): 1579-1584.
- Souza, R.R.C., Fernandes Santos, C.A., Costa, S.R. (2018) Field resistance to *Meloidogyne enterolobii* in a *Psidium guajava* × *P. guineense* hybrid and its compatibility as guava rootstock. *Fruits*, 73: 118-124.
- Vieira, R.F., Agostini-Costa, T.D.S., Silva, D.D., Sano, S.M., Ferreira, F.R. (2010). *Frutas nativas da região Centro-Oeste do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Vilanova, C., Silva Júnior, C.D. (2009). A Teoria da Trofobiose sob a abordagem sistemática da agricultura: eficácia de práticas em agricultura orgânica. *Revista Brasileira de Agroecologia*, 4 (1).
- Xavier, A., Wendling, I., Silva, R. L. (2013) *Silvicultura clonal: princípios e técnicas*. 2 ed. Viçosa: UFV, 280p.
- Wendling, I., Ferrari, M. P., Grossi, F. (2002) *Curso intensivo de viveiros e produção de mudas*. Embrapa Florestas. Documentos, 79. 48p.
- Zanela, J., Wagner Júnior, A., Cassol, D. A., Alegretti, A. L., Pirola, K., Mazaró, S. M. (2012) Biofilmes e pré-embebição de sementes na germinação do araçazeiro 'ya-cy'. *Revista Brasileira de Agrociência*, 18 (4): 229-232.
- Zietemann, C., Roberto, S.R. (2007) Efeito de diferentes substratos e épocas de coleta no enraizamento de estacas herbáceas de goiabeira, cvs. Paluma e Século. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 29 (1): 31-36.

