

CARACTERIZAÇÃO PALINOLÓGICA DE ACESSOS DE
ARAÇAZEIROS (*Psidium* spp.)

KEVELIN BARBOSA XAVIER

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO – 2021

CARACTERIZAÇÃO PALINOLÓGICA DE ACESSOS DE
ARAÇAZEIROS (*Psidium* spp.)

KEVELIN BARBOSA XAVIER

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 Genética e Melhoramento de Plantas.

Orientadora: Prof^a. PhD. Telma Nair Santana Pereira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

X3

Xavier, Kevelin Barbosa.

CARACTERIZAÇÃO PALINOLÓGICA DE ACESSOS DE ARAÇAZEIROS (*Psidium* spp.) / Kevelin Barbosa Xavier. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2021.

66 f. : il.

Bibliografia: 40 - 49.

Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2021.
Orientadora: Telma Nair Santana Pereira.

1. Melhoramento da goiabeira. . 2. Recursos genéticos. . 3. Aberturas germinativas. . 4. Grãos de pólen.. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 631.5233

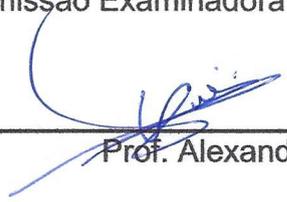
CARACTERIZAÇÃO PALINOLÓGICA DE ACESSOS DE
ARAÇAZEIROS (*Psidium* spp.)

KEVELIN BARBOSA XAVIER

“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 Genética e Melhoramento de Plantas.”

Aprovada em 22 de fevereiro de 2021.

Comissão Examinadora



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



Prof.ª Helaine Christine Cancela Ramos (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UENF



Prof. Pedro Corrêa Damasceno Junior (D.Sc., Genética e Melhoramento de Plantas) - UFRRJ



Prof.ª Telma Nair Santana Pereira (Ph.D., Plant Breeding) - UENF
(Orientadora)

DEDICATÓRIA

A Deus, que sempre me rodeia de oportunidades de crescimento pessoal e intelectual.

À minha mãe Vanúzia de Azevedo Barbosa, que sempre acreditou em mim e fez o possível e o impossível para me ver realizar meus sonhos e alcançar minhas metas de vida.

À educação pública brasileira, que vem garantindo minha formação como cientista.

Dedico.

AGRADECIMENTO

A Deus.

À minha mãe Vanúzia, por sempre apoiar minhas escolhas.

À minha irmã Lavínia, por ser a melhor irmã do mundo.

À minha família, por todo amor e apoio em minha jornada.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro e ao Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realização do curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de Financiamento 001.

À Professora Telma Nair Santana Pereira, pelo acolhimento, dedicação e orientação neste trabalho.

À minha equipe de laboratório, Adrielen, Larissa Vianna e Fylipe.

À minhas colegas de república, Cleudiane e Adrielen, por compartilharem comigo estes dois anos como uma família.

Aos meus amigos Cléo, Larissa Resende, Ney, Daniel, Fernando, Débora, Adrielen, Kalyane, Dani, Mara, Meire, Wálaci, Fernanda, Cida, Jaqueline, Talhes e a todos os demais colegas do programa, por todos os momentos de descontração e de apoio.

Aos membros da banca, professores Alexandre, Pedro e Helaine, pelo aceite em participar desde momento.

Aos funcionários da UENF, sem os quais a universidade não sobrevive, em especial a Daniel, secretário do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas.

SUMÁRIO

RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo Geral	4
2.2. Objetivos Específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Aspectos gerais do gênero <i>Psidium</i>	5
3.2. A goiabeira – <i>P. guajava</i>	6
3.3. A doença declínio da goiabeira	7
3.4. Os araçazeiros:	8
3.4.1. <i>P. cattleyanum</i> Sabine	8
3.4.2. <i>P. myrtoides</i> O. Berg	9
3.5. Citogenética do gênero <i>Psidium</i>	10
3.6. Viabilidade polínica	10
3.7. Palinologia	11
3.8. Melhoramento da goiabeira	13
3.8.1. Melhoramento da goiabeira – UENF.	13
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
4.1. Material vegetal	15
4.2. Metodologias	16
a) Número de aberturas germinativas nos grãos de pólen	16

b)	Viabilidade polínica -----	18
c)	Análise palinológica -----	19
i.	Material vegetal -----	19
ii.	Preparo do material – Acetólise -----	20
iii.	Análises -----	20
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	26
a.	Aberturas germinativas -----	26
b.	Viabilidade polínica -----	29
c.	Classificação dos grãos de pólen quanto à sua forma e tamanho-----	32
d.	Índice de área Polar (IAP) -----	34
e.	Espessura e Índice Exina (IE) -----	36
6.	CONCLUSÕES-----	38
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS-----	40

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Resumo da análise de variância para a característica viabilidade polínica. ----- 29
- Tabela 2** - Teste de médias Skott-Knott quanto à porcentagem média de grãos de pólen viáveis de acessos de goiabeira (*P. guajava*) e araçazeiros (*P. myrtoides* e *P. cattleyanum*).----- 30
- Tabela 3** - Classificação dos grãos de pólen quanto à sua forma, segundo Erdtman (1952). Valores médios (em μm) do Diâmetro Equatorial em Vista Equatorial (DEVE), Diâmetro Polar em Vista Equatorial (DPVE). Relação DP/DE seguida dos valores de faixa de variação (FV), média (m), desvio padrão da amostra (S), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%).----- 32
- Tabela 4** - Classificação dos grãos de pólen quanto ao seu tamanho, conforme proposto por Erdtman (1945). Diâmetro Equatorial em Vista Polar (em μm) (DEVP), seguido dos valores de faixa de variação (FV), média (m), desvio padrão da amostra (s), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%). ----- 33
- Tabela 5** - Classificação dos grãos de pólen quanto ao índice de área polar (IAP), conforme proposto por Faegri e Iversen (1964) Médias (em μm) do lado do apocolpo (LA) e IAP seguidas dos valores de faixa de variação (FV), média (m), desvio padrão da amostra (s), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%).----- 35

Tabela 6 - Espessura da Exina (em μm), seguida dos valores de faixa de variação, média (m), desvio padrão da amostra (s), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%). ----- 36

Tabela 7 - Faixa de variação, média e classificação da espessura da exina em relação ao índice Exina (IE) (em μm), de acordo com Faegri e Iversen (1964). -- 37

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização do banco de germoplasma de Psidium no Colégio Agrícola Antônio Sarlo..... 15
- Figura 2** - Botões florais em pré-antese. A: P. guajava, B: P. cattleyanum, C: P. myrtoides..... 17
- Figura 3** - Coleta de botões florais em solução fixadora Carnoy 3:1..... 17
- Figura 4** - Representação das medidas do diâmetro polar (em preto) e diâmetro equatorial (em vermelho) em vista equatorial. Barra de 5 µm.....22
- Figura 5** - Representação da medida do diâmetro (em preto) em vista polar (DEVP). Barra de 5 µm.23
- Figura 6** - Representação da medida do lado do apocolpo (LA) (em preto) em vista polar. Barra de 5 µm.23
- Figura 7** - Representação da medida da espessura da exina (Esp) (em preto) em vista polar. Barra de 5 µm.24
- Figura 8** - Grãos de pólen viáveis e inviáveis, com 1, 2, 3, 4 e 5 aberturas germinativas.....27
- Figura 9** - Grãos de pólen em vista equatorial. **A:** P. guajava, **B:** P. cattleyanum, **C:** P. myrtoides. Barra de 5 µm.....32

Figura 10 - Grãos de pólen em vista polar. **A:** *P. guajava*, **B:** *P. cattleyanum*, **C:** *P. myrtoides*. Barra de 5 μm33

Figura 11 - Grãos de pólen mostrando a área polar (indicado pelo asterisco). **A:** *P. guajava* (barra de 10 μm), **B:** *P. cattleyanum*. **C:** *P. myrtoides*. Em **A** barra de 10 μm , **B** e **C** com barras de 5 μm35

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação taxonômica do gênero <i>Psidium</i>	5
Quadro 2. Material vegetal utilizado para a característica número de aberturas germinativas.....	16
Quadro 3. Material vegetal utilizado para viabilidade polínica.....	18
Quadro 4. Material vegetal utilizado para as análises palinológicas.	19
Quadro 5: Classificação dos grãos de pólen com base na razão entre o eixo polar e o eixo equatorial (P/E), segundo Erdtman (1952).	21
Quadro 6. Classificação dos grãos de pólen em tamanhos, com base no comprimento de seu maior eixo (Erdtman, 1945).	22
Quadro 7: Classificação dos grãos de pólen pelo índice de área polar (IAP).	24
Quadro 8. Classificação da exina pelo índice exina proposto por Faegri e Iversen (1964).....	24
Quadro 9. Classificação do tipo de abertura polínica segundo Erdtman (1952)...	25

RESUMO

XAVIER, Kevelin Barbosa; M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; fevereiro de 2021; CARACTERIZAÇÃO PALINOLOGICA DE ACESSOS DE ARAÇAZEIROS (*Psidium* spp); Orientadora: Prof^a. Telma Nair Santana Pereira; Conselheiros: Prof. Alexandre Pio Viana; Prof^a. Helaine Christine Cancela Ramos;

Os araçazeiros (*Psidium cattleianum* e *Psidium myrtoides*) são plantas silvestres que correm risco de extinção. *P. cattleianum* é um germoplasma valioso para as goiabeiras (*Psidium guajava*), pois apresenta resistência à doença declínio da goiabeira, a qual causa vários danos ao cultivo da mesma, que não apresenta variedades resistentes. A goiabeira é diploide e os araçazeiros, poliploides ($2n=3x$ a $9x$). Ambas são eudicotiledônias e apresentam grãos de pólen com três aberturas germinativas; entretanto, em pesquisa preliminar, foi relatada em araçazeiros, a ocorrência de grãos de pólen com mais de três aberturas. Assim, objetivou-se neste trabalho fazer a caracterização palinológica dos acessos de araçazeiros, em comparação com a goiabeira, do banco de germoplasma da UENF, para gerar informações, que, junto a futuros estudos citogenéticos, auxiliem os trabalhos de melhoramento da goiabeira e de conservação do germoplasma de araçazeiros. Sendo assim, foram estimados frequência do número de aberturas germinativas, viabilidade, formato, tamanho, tipo de abertura germinativa, índice de área polar e espessura da exina em grãos de pólen de acessos de *P. cattleianum*, *P. myrtoides* e de goiabeira (controle). Para tal, botões florais foram coletados e fixados. Para a análise de viabilidade e do

número de aberturas, as anteras foram maceradas em gotas da solução tripla de Alexander. Para as demais análises, os grãos de pólen foram acetolisados. A goiabeira, *P. cattleyanum* e *P. myrtoides* apresentaram, respectivamente, 98,47%, 78,12% e 41,13% dos grãos de pólen com 3 aberturas, 97,13%, 63,16% e 97,25% de taxa de viabilidade. A goiabeira e *P. myrtoides* não diferiram estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade e *P. cattleyanum* apresentou a maior variação. Os grãos de pólen das três espécies são isopolares, pequenos, de formato triangular em vista polar e têm exina fina. Quanto ao formato em vista equatorial, o formato da goiabeira é oblato e dos araçazeiros, peroblato. A goiabeira apresenta área polar nula e os araçazeiros, área polar pequena. Estes dados confirmam a semelhança entre grãos de pólen de espécies do gênero *Psidium* e mostram que a morfologia dos grãos não é um fator que possa interferir nos cruzamentos, sendo seu insucesso causado apenas pela diferença de ploidia entre as espécies.

Palavras-chave: Melhoramento da goiabeira. Recursos genéticos. Aberturas germinativas. Grãos de pólen.

ABSTRACT

XAVIER, Kevelin Barbosa; M.Sc.; *Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro*; February 2021; PALYNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ARAÇÁ TREES ACCESSES (*Psidium* spp); Advisor: Prof. Telma Nair Santana Pereira; Committee members: Prof. Alexandre Pio Viana; Prof. Helaine Christine Cancela Ramos.

Araçá trees (*Psidium cattleianum* and *Psidium myrtoides*) are wild plants that are at risk of extinction. *P. cattleianum* is a valuable germplasm for guava trees (*Psidium guajava*), as it presents resistance to the guava decline disease that causes much damage to its cultivation, which does not have resistant varieties. Guava trees are diploid and araçá trees are polyploid ($2n = 3x$ to $9x$). Both are eudicotyledonous and have pollen grains with three pollen apertures; however, in preliminary research, the occurrence of pollen grains with more than three openings has been reported in araçá trees. Thus, this work aimed at performing the palynological characterization of the araçá trees accessions comparing them with the guava tree from the germplasm bank of the *Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro* (State University of the Northern of Rio de Janeiro, Brazil) to generate information that with future cytogenetic studies may assist the work of guava tree breeding and araçá trees germplasm conservation. Therefore, it was estimated the frequency of the number of pollen apertures, viability, shape, size, type of pollen apertures, polar area index, and exine thickness in pollen grains from accessions of *P. cattleianum*, *P. myrtoides*, and guava tree (control). For this, flower buds were collected and fixed. For viability

analysis and number of openings, the anthers were macerated in drops of Alexander's triple solution; for the other analyses, the pollen grains were acetolyzed. Guava trees, *P. cattleianum*, and *P. myrtilloides* presented, respectively, 98.47%, 78.12%, and 41.13% of pollen grains with three pollen apertures; 97.13%, 63.16%, and 97.25% of viability rate. Guava tree and *P. myrtilloides* not statistically different by the Scott-Knott test at 5% probability, and *P. cattleianum* showed the highest variation. Pollen grains of the three species are isopolar, small, triangular shaped in polar view and with fine exine. As for the shape in equatorial view, in guava trees, it is oblate, and in the araçá trees, peroblate. Guava trees have zero polar area and araçá trees present small polar area. These data confirm the similarity between pollen grains of species of the genus *Psidium* and show that the morphology of the grains is not a factor that can interfere in crossings, being its failure only due to the ploidy difference between the species.

Keywords: Guava tree breeding. Genetic resources. Pollen apertures. Pollen grains.

1. INTRODUÇÃO

Myrtaceae é uma das principais famílias botânicas, apresentando 5.500 espécies, distribuídas em 140 gêneros (Biffin et al., 2010), sendo 797 espécies endêmicas do Brasil (Sobral et al., 2015). O gênero *Psidium* engloba cerca de 100 espécies, entre elas *Psidium guajava* (goiabeira), *Psidium cattleianum* e *Psidium myrtoides* (araçazeiros) (Raseira et al., 2004). No Brasil são encontradas 61 espécies do gênero *Psidium* (Flora do Brasil 2020 em construção, 2020).

A goiabeira é adaptada para cultivo em climas tropicais e subtropicais, podendo ocorrer também em regiões de clima temperado. Seus frutos são ricos em vitamina C, minerais e princípios ativos medicinais, podendo ser utilizados para diversos fins, tanto *in natura* quanto industrializados (Manica, 2002; Franzon et al., 2009; Pereira et al., 2016).

O Brasil registrou uma produção de 584.223 toneladas de goiaba, distribuídas em 22.269 hectares de área plantada em 2019, com o valor da produção atingindo 926.936 mil reais R\$ (IBGE, 2019). Em nível mundial, o Brasil é o sétimo no *ranking* de produtores de goiaba, precedido pela Índia, China, Tailândia, Indonésia, México e Paquistão (FAOSTAT, 2019).

A goiabeira, como qualquer outra espécie, está sujeita a pragas e doenças, sendo uma das mais preocupantes atualmente a doença conhecida como declínio da goiabeira, pois não há, até o momento, medidas de manejo que sejam eficientes contra seus sintomas (Cardoso et al., 2017; Correia et al., 2019). Esta

doença é causada pela interação sinérgica entre o fungo *Fusarium solani* e o nematoide *Meloidogyne enterolobii* e causa podridão das raízes, acarretando deficiências nutricionais, clorose, queimadura e queda de folhas, redução da produtividade e até morte da planta (Gomes et al., 2017).

O uso de cultivares resistentes à doença poderia ser uma alternativa para os agricultores, porém não há relatos de resistência à doença em variedades de goiabeiras (Biazatti et al., 2016). Outra alternativa é encontrar espécies do gênero *Psidium* que apresentem esta resistência e, com elas, fazer a produção de enxertos (De Souza et al., 2015) ou, até mesmo, seu cruzamento interespecífico com a forma cultivada (Ribeiro et al., 2019).

Dentro do gênero *Psidium*, há relatos de resistência ao *M. enterolobii* em araçazeiros da espécie *P. cattleyanum* Sabine (Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016), o que proporciona a estes genótipos resistência à doença declínio da goiabeira. No entanto, os pesquisadores não têm conseguido êxito em cruzamentos bem como em enxertias utilizando esta espécie e a goiabeira (Robaina et al., 2012, 2015; Cardoso et al., 2017; Gomes et al., 2017). A incompatibilidade entre estas espécies está relacionada com seu nível de ploidia, uma vez que a goiabeira é diploide ($2n = 2x$) e o araçazeiro, poliploide, variando de $2n = 3x$ a $9x$, sendo que para ambas as espécies o número básico de cromossomos é $x = 11$ (Éder-Silva et al., 2007; De Souza et al., 2015; Barbosa, 2016).

Em pesquisa preliminar, foi observada nos araçazeiros presença de grãos de pólen anômalos, com mais de três aberturas germinativas, além dos pólenes normais, com três aberturas (Barbosa, 2016), ou seja, os araçazeiros apresentam heteromorfismo de pólen – variação nos diferentes tipos de grãos de pólen quanto ao número de aberturas polínicas – observado em flores de um indivíduo durante todo o seu ciclo de vida (Pierce e Simpson, 2009). Considerando que os araçazeiros são poliploides, esse heteromorfismo polínico poderia ser utilizado como indicativo da ploidia do acesso e, assim, facilitar o trabalho do melhorista se fosse comprovada relação direta entre a característica número de aberturas germinativas e o nível de ploidia dos materiais (Dijkstra e Speckmann, 1965; Fachinetto et al., 2013).

A caracterização morfológica externa dos grãos de pólen, conhecida como Palinologia, é importante, pois os pólenes são as estruturas reprodutivas

masculinas, por consequência, conhecer suas características como tamanho, formato, número e tipo de aberturas germinativas, viabilidade, unidade polínica, estrutura e escultura da parede pode auxiliar nos trabalhos de melhoramento genético e de conservação de germoplasma. Estudos palinológicos são importantes para a classificação taxonômica de grupos vegetais, visto gerarem informações sobre a identidade genética das espécies e de parentesco entre genótipos.

Conhecer a morfologia polínica e a viabilidade também é importante para garantir cruzamentos entre genótipos com épocas diferentes de floração para maior segurança e probabilidade de fecundação em cruzamentos dirigidos e conhecimento do tempo de armazenamento de material (pólen) em bancos de germoplasma (Gasparino e Cruz-Barros, 2006; Martins, 2010).

Considerando que a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) tem um programa de melhoramento focado em goiabeira e uma coleção de germoplasma do gênero *Psidium* (*P. catlleyanum*, *P. myrtoides* e *P. guajava*) para fins de pesquisa e considerando que foi observado preliminarmente que as espécies apresentam heteromorfismo dos grãos de pólen, o presente trabalho foi desenvolvido visando a obter informações palinológicas dos acessos mantidos na coleção, que poderão auxiliar o programa de melhoramento da espécie cultivada.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar palinologicamente acessos de *Psidium cattleianum* e *Psidium myrtoides* conservados na coleção de germoplasma de *Psidium* spp. da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, no intuito de conhecer melhor o material disponível para o programa de melhoramento da espécie cultivada (goiabeira) e também de gerar informações relevantes para a conservação de germoplasmas de araçazeiros.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar o número de aberturas germinativas;
- Determinar a viabilidade polínica dos acessos;
- Determinar o formato do grão de pólen;
- Determinar o tamanho do pólen;
- Estimar a espessura da exina;
- Determinar o índice de área polar; e
- Determinar o tipo de abertura germinativa.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Aspectos gerais do gênero *Psidium*

O gênero *Psidium* faz parte de uma das maiores famílias botânicas, família Myrtaceae, conforme classificação taxonômica apresentada no Quadro 1, tem três prováveis centros de diversidade, incluindo Sul do Brasil e do Paraguai, Oeste das Índias e Norte da América do Sul (Franzon et al., 2009; Franzon e Sousa-Silva, 2018).

Quadro 1. Classificação taxonômica do gênero *Psidium*.

Reino	Plantae
Divisão	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordem	Myrtales
Família	Myrtaceae
Sub-família	Myrtoideae
Tribo	Myrtae
Gênero	<i>Psidium</i>

Segundo Raseira et al. (2004), este gênero engloba cerca de 100 espécies, das quais 61 já foram encontradas no Brasil (Flora do Brasil 2020 em construção, 2020), entre elas *P. guajava*, *P. catlleyanum* e *P. myrtoides*.

De forma geral, este gênero pode ser caracterizado por flores pentâmeras com botões maduros variando de 4 a 15 mm, folhas opostas e simples, pétalas livres e alternadas, podendo ser de cor branca ou creme, número de estames variando entre 60 e 320, ovário ínfero, embrião coclear, frutos carnosos e com muitas sementes (Soares-Silva e Proença, 2008; Franzon e Sousa-Silva, 2018).

No Brasil, a goiabeira é uma das espécies de maior valor econômico do gênero *Psidium*, apresentando produção anual em torno de 584.223 toneladas (IBGE, 2019). Outra espécie que vem ganhando destaque entre os melhoristas brasileiros é o araçazeiro, em razão, principalmente, da sua resistência ao nematoide *Meloidogyne enterolobii* (Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016).

Na família Myrtaceae, o número básico de cromossomos da espécie é, na maioria dos casos, $n=x=11$, podendo ser observada maior variação do número somático no gênero *Psidium*, havendo relatos de espécies desde $2n=2x=22$ a $2n=9x=99$ (Éder-Silva et al., 2007; Costa, 2009; Costa et al., 2013; De Souza et al., 2015; Barbosa, 2016).

3.2. A goiabeira – *P. guajava*

A goiabeira é uma das espécies mais importantes do gênero *Psidium*, apresentando elevado valor comercial, além de ser adaptada para cultivo tanto em climas tropicais quanto subtropicais, podendo ocorrer também em regiões de clima temperado. Seus frutos são ricos em vitamina C, minerais e princípios ativos medicinais, podendo ser utilizados para diversos fins, tanto *in natura* quanto industrializados (Manica, 2002; Franzon et al., 2009; Pereira et al., 2016).

É uma espécie que realiza preferencialmente polinização cruzada, sendo, portando, considerada alógama (Oliveira, 2018).

As características fenotípicas da goiabeira correspondem, de forma geral, a uma árvore de pequeno porte (3 a 5 metros de altura e 5 a 6 metros de copa), com tronco tortuoso e folhas verde-amareladas, opostas, com formato elíptico-oblongo e semicaducifólias. Seus frutos são bagas de formato variável (globulosa, ovalada-globosa, arredondada, periforme ou ovoide), com tamanho variando de 4 a 12 cm de comprimento e 5 a 7 cm de largura, casca de superfície lisa, podendo

ser fina ou grossa. As sementes são abundantes e localizadas em uma massa consistente, a polpa pode ser vermelha, branca ou amarelada (Pommer e Murakami, 2009).

Esta espécie, assim como todas as espécies cultivadas, está sujeita ao ataque de pragas e doenças, sendo o nematoide *Meloidogyne enterolobii* o principal causador de perdas nos pomares de goiabeira, principalmente quando associado a fungos como o *Fusarium solani*, com o qual causa a doença denominada declínio da goiabeira (Gomes et al., 2011, 2017; Oliveira et al., 2019).

3.3. A doença declínio da goiabeira

O declínio da goiabeira é a doença mais preocupante para os produtores de goiaba. A ação do nematoide do solo *Meloidogyne enterolobii* causa mudanças de cunho fisiológico e bioquímico no sistema radicular das plantas, propiciando infecção pelo fungo *Fusarium solani*, o qual age causando podridão das raízes e surgimento de galhas, deficiências nutricionais, clorose, necrose das bordas, queimadura, murcha e queda de folhas, redução da produtividade e tamanho dos frutos e até a morte da planta (Gomes et al., 2013, 2017; Correia et al., 2019).

Para contornar esta doença, o ideal seria a utilização de cultivares resistentes ao nematoide, porém, até o momento, não há notícias de acessos de goiabeira que apresentem esta característica, mas há relatos de acessos de araçazeiros resistentes ao *M. enterolobii* (Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016). No entanto, estas espécies, embora pertençam ao mesmo gênero, não se mostraram citogeneticamente compatíveis para cruzamentos interespecíficos, assim como para enxertia (Robaina et al., 2012, 2015; Cardoso et al., 2017; Gomes et al., 2017).

A incompatibilidade entre *P. guajava* e *P. catlleianum* se deve à diferença no nível de ploidia destas espécies, uma vez que a goiaba é uma espécie diploide, tendo número de cromossomos $2n=2x=22$, enquanto os araçazeiros são poliploides, com nível de ploidia variando de $3x$ (triploide) a $9x$ (nonaploide) (Éder-Silva et al., 2007; Costa et al., 2013; De Souza et al., 2015; Barbosa, 2016).

3.4. Os araçazeiros:

3.4.1. *P. cattleyanum* Sabine

O araçazeiro (*P. cattleyanum*) é uma espécie originalmente do Sul do Brasil, com ampla distribuição no território nacional, especialmente na Mata Atlântica, podendo ser encontrado do Rio Grande do Sul à Bahia, assim como em outros países como Uruguai e Havaí (Franzon e Sousa-Silva, 2018).

O nome araçá é de origem tupi guarani e carrega o significado de “fruto que tem olhos”, pois as sépalas permanecem nos frutos, lembrando um olho (CETAP, 2015). Tem diversos nomes populares como araçá da praia, araçá do campo, araçá amarelo, araçá de coroa, araçá vermelho, entre outros, nomes estes geralmente relacionados a alguma característica da planta ou dos frutos, visto esta espécie apresentar significativa diversidade (Lisboa et al., 2011).

Quanto à botânica, *P. cattleyanum*, no geral, apresenta altura variando de 1,5 a 6 m, tronco liso, tortuoso, com casca fina de cor castanha e descamante, folhas coriáceas, opostas, com forma ovalada, de cor verde, com cerca de 5 a 10 cm de comprimento e 3 a 6 cm de largura, flores brancas, hermafroditas, pentâmeras, pedunculadas, zigomorfas, com simetria radial, grande número de estames, 754 a 1.558 grãos de pólen por antera, fruto carnoso do tipo baga, forma geralmente arredondada e casca com coloração vermelha ou amarela (Da Silva e Mazine, 2016; Franzon e Sousa-Silva, 2018).

Vale ressaltar que esta espécie pode apresentar diferentes denominações taxonômicas, pois não há concordância entre os especialistas, sendo relatadas diferenças desde a coloração dos frutos até a anatomia do lenho, o que levanta a hipótese da existência de diferentes táxons e mostra a necessidade de nova classificação botânica (Rocha et al., 2008; Lisboa et al., 2011).

Acessos de araçazeiros resistentes ao nematoide *M. enterolobii* e, conseqüentemente, à doença declínio da goiabeira foram encontrados por diversos autores, que sugerem seu uso em programas visando ao melhoramento da goiabeira (Carneiro et al., 2007; de Almeida et al., 2009; Miranda et al., 2012; Biazatti et al., 2016), contudo, estudos agrônômicos, citogenéticos e palinológicos sobre os araçazeiros são escassos na literatura e se fazem necessários para os programas de melhoramento. Oliveira (2018), por meio da relação pólen/óvulo (P/O), identificou esta espécie como alógama.

3.4.2. *P. myrtoides* O. Berg

O nome popular Araçá Una, em tupi guarani, remete-se a araçá (fruta que tem olhos) e una (preto), o que descreve a aparência do fruto, que apresenta sépalas persistentes, formando os “olhos” e sua coloração roxa escura, quase preta, quando totalmente maduro (Muniz, 2019).

Espécie nativa do Brasil, conhecida por apresentar considerável concentração de compostos bioativos, apresentando propriedades medicinais como anti-diarreia, anti-diabetes, anti-hipertensiva, anti-inflamatória, antioxidante, antifúngica, anti-protozoária, sequestrante de radicais e antibacterianas (Ferreira et al., 2020, 2021b). Além disto, de acordo com Vasconcelos et al. (2019), *P. myrtoides* apresenta citotoxicidade e efeitos aneugênicos, tendo, portanto, bom potencial para uso no controle de plantas daninhas.

A espécie pode ser encontrada em diversos estados brasileiros como Bahia, Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Maranhão e Ceará, em zonas de Cerrado e em áreas de encostas (Franzon et al., 2009; de Macêdo et al., 2020).

As características gerais da espécie são árvore com média de 4 metros de altura, copa pequena, densa e arredondada, tronco tortuoso com casca lisa em tom amarelo-acinzentado, ramos jovens glabros, cilíndricos e de casca castanha, folhas opostas, simples, obovadas, cartáceas, fixadas ao pecíolo e de 5 a 7 mm de comprimento, com limbo medindo de 4,5 a 8 cm de comprimento e 3 a 4,7 cm de largura, sua forma é cuneiforme com ápice obtuso. Apresenta flores brancas de cerca de 1,5 cm de diâmetro, cálice com 4 a 5 lobos, corola composta por 4 a 5 pétalas brancas, obovadas, com 5 a 7 mm de comprimento. Os frutos são bagas subemisféricas de 1,5 a 3,6 cm de diâmetro com casca roxa escura e polpa arroxeadada, de sabor acidulado. Os frutos podem ser consumidos *in natura* ou industrializados na forma de sucos e geleias, contêm 10 a 22 sementes, angulosas, de coloração creme (Muniz, 2019).

É uma espécie indicada para arborização urbana, pois seu pequeno porte não tende a atrapalhar redes elétricas, sendo ainda perenifólia. É uma planta que se desenvolve bem mesmo em solos fracos e a pleno sol, outro ponto positivo é que suas frutas são melíferas e seus frutos podem ser consumidos pela fauna em geral (Muniz, 2019).

3.5. Citogenética do gênero *Psidium*

Psidium é um dos gêneros mais diversos da tribo Myrteae, apresentando a maior quantidade de espécies poliploides, sendo o número básico de cromossomos $n=x=11$. As espécies diploides, como a goiabeira, apresentam número cromossômico de $2n=2x=22$, já as poliploides, como os araçazeiros, variam desde $2n=3x=33$ a $2n=9x=99$, sendo *P. myrtoides* registrado com $2n=8x=88$ e *P. cattleyanum*, com citótipos de $2n=4x=44$, $2n=6x=66$, $2n=7x=77$ e $2n=9x=99$ (Éder-Silva et al., 2007; Costa, 2009; Costa et al., 2013; Das Graças De Souza et al., 2015).

Éder-Silva et al. (2007) relataram que as espécies do gênero *Psidium* apresentam, além da evolução por poliploidia, ganho aneuploide de cromossomos, ocorrido possivelmente devido a erros nos processos de disjunção meiótica. O que é confirmado por Costa et al. (2013), que relatam níveis ímpares de ploidia para espécies de *Psidium* e afirmam que são eventos mais raros, ocasionados especialmente por falhas ocorridas no processo de reprodução sexuada.

As espécies do gênero *Psidium* ainda são pouco estudadas em relação à morfologia dos cromossomos. Sabe-se que, em geral, apresentam cromossomos com tamanho em torno de 2 μm , predominantemente metacêntricos, em alguns casos submetacêntricos, o que classifica o cariótipo do gênero, no geral, como moderadamente simétrico (Éder-Silva et al., 2007; Costa, 2009; Costa et al., 2013).

3.6. Viabilidade polínica

Os programas de melhoramento dependem de uma seleção eficiente de genótipos que atendam às suas necessidades, sendo uma forma de garantir a fertilização destes genótipos a avaliação prévia da sua viabilidade polínica (Cabral et al., 2013).

A viabilidade do pólen é importante para a avaliação da fertilidade do genitor masculino, como base para estudos de incompatibilidade e para monitoramento da vitalidade do material sob condições de armazenamento, e estas informações auxiliam a garantir as fecundações posteriores, possibilitando o cruzamento entre genótipos que apresentem floração em diferentes épocas (Dafni, 1992). Contudo, existem diversos motivos para a inviabilidade dos pólenes

como sua idade, fatores genéticos, forma de armazenamento, e fatores físicos como umidade e temperatura (Hister e Tedesco, 2016). Assim, testes que visem à quantificação e ao comportamento dos grãos de pólen são essenciais, visto que a quantidade de pólen produzido pode não apresentar relação com sua taxa de viabilidade (Kosera Neto, 2018).

Testes colorimétricos são os mais utilizados para estimar a viabilidade polínica, porém não existe um teste que atenda igualmente a todas as espécies (Hister e Tedesco, 2016). Diante disto, trabalhos de Hister e Tedesco (2016) vêm demonstrando que o reativo de Alexander tem determinado com maior precisão a viabilidade polínica em araçazeiros por ser capaz de colorir duas estruturas de forma diferentes: a parede celular em tons de verde, pelo verde malaquita, e o protoplasto em tons de púrpura, pela fucsina ácida, assim, os grãos corretamente corados são considerados viáveis e aqueles que não se coram, inviáveis (Alexander, 1969). De acordo com Loguercio e Battistin (2004), o pólen viável compreende os gametas masculinos normais, que estão aptos para o processo de fertilização.

3.7. Palinologia

Palinologia é um termo introduzido por Hyde e Willians em 1945 que define a ciência que estuda grãos de pólen e esporos (Erdtman, 1986). Estudo este que se baseia nas características morfológicas externas destas estruturas (Gasparino e Cruz-Barros, 2006). As principais características observadas são forma, tamanho, número de aberturas germinativas, estrutura e escultura da parede (Soler e Nolla, 2002; Gasparino e Cruz-Barros, 2006).

A forma dos grãos de pólen é definida pela relação entre a medida dos diâmetros polar (distância de um polo a o outro) e equatorial (largura dos grãos no equador) do grão de pólen em vista equatorial (quando o equador, região entre os dois polos, está voltado para o observador). Com isto, os grãos podem ser classificados como não fixiformes, quando não têm forma definida, e em fixiformes, quando têm forma definida (Erdtman, 1986; Barth e Melhem, 1988; Soler e Nolla, 2002; Gasparino e Cruz-Barros, 2006; Punt et al., 2007).

Quanto ao tamanho, no grupo das angiospermas, há relatos de grãos de pólen de 2 μm , como *Myosotis boraginaceae*, até grãos medindo 300 μm , como em Annonaceae (Melhen, 1978 in Gasparino e Cruz-Barros, 2006).

Aberturas germinativas são orifícios que podem ser utilizados pelo grão de pólen para a liberação do tubo polínico (Erdtman, 1986), permitindo também o controle do volume dos grãos sujeitos a alterações de umidade (Barth e Melhem, 1988). As aberturas germinativas podem ser denominadas poro, quando apresentam formato circular; colpo, quando apresentam comprimento maior que largura; e colporo, quando é uma associação das formas poro e colpo (Soler e Nolla, 2002; Gasparino e Cruz-Barros, 2006). O número de aberturas germinativas por pólen é variado, havendo desde grãos inaperturados (sem abertura germinativa) até grãos com inúmeras aberturas (Soler e Nolla, 2002; Gasparino e Cruz-Barros, 2006).

Em eudicotiledôneas, caso da família Myrtaceae, há prevalência de grãos de pólen com três aberturas germinativas (Kuprianova, 1966; ICMBio, 2014); em monocotiledôneas, a prevalência é de uma a duas aberturas germinativas, podendo ocorrer três ou até mesmo nenhuma abertura em alguns casos (Furness e Rudall, 2010; Luo et al., 2015; Bahadur et al., 2018).

A parede polínica é composta por duas camadas principais, a Intina, que é mais interna e composta por celulose, e a Exina, que é a camada externa, composta por esporopolenina e que pode ser dividida em duas partes, a Nexina, que é uma camada homogênea e interna, e a Sexina, camada externa constituída de elementos com formas variadas, que formam os detalhes estruturais da parede e determinam a escultura do grão de pólen. As esculturas dos grãos de pólen podem ser das mais variadas, como, por exemplo, psilada, foveolada, verrugada, baculada, pilada, espinhosa, estriada etc. (Soler e Nolla, 2002; Gasparino e Cruz-Barros, 2006).

Para observações e estudos palinológicos, a técnica mais utilizada é a acetólise, proposta por Erdtman 1952 (Hesse e Waha, 1989). Nesta técnica, os grãos de pólen são submetidos a uma solução de anidrido acético e ácido sulfúrico na proporção de 9:1, a qual proporciona melhor observação da parede externa do pólen, pois elimina o conteúdo celular.

Tuler et al. (2017) relatam existirem poucos trabalhos focados em estudo da morfologia do pólen em *Psidium*, por haver uma ideia geral de que a família Myrtaceae é estenopolínica (Erdtman, 1952), ou seja, tem morfologia polínica invariável. Os autores também relatam a limitação da microscopia de campo claro utilizada em trabalhos palinológicos, afirmando que ela permite observar bem

muitas características polínicas, mas é insuficiente para observação de detalhes da exina, o que põe em xeque a classificação da família Myrtaceae como estenopolínica.

3.8. Melhoramento da goiabeira

A goiabeira é cultivada em todo o país, sendo a cultivar Paluma a predominante e a Cortibel a que mais vem ganhando espaço no mercado (Pereira e Kavati, 2011; Coser et al., 2014). Existem 17 cultivares no Registro Nacional de Cultivares (RCN), mas não há cultivares desenvolvidas especificamente para cada uma das regiões do país (Flori, 2016).

Os primeiros trabalhos de melhoramento da goiabeira surgiram no século XX (Pereira e Nachtigal, 2003). A cultivar Paluma, Rica e Século XXI foram desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético da goiabeira da Universidade Estadual Paulista (UNESP) (Pereira et al., 2003). Os programas de melhoramento da espécie trabalham em busca de cultivares adaptadas a condições edafoclimáticas regionais, elevação da qualidade e produtividade de frutos, resistência e tolerância a pragas, doenças e estresses ambientais, resistência mecânica dos frutos ao transporte e aumento da vida de prateleira (Filho et al., 2010).

Atualmente, as principais instituições com trabalhos de melhoramento da goiabeira são a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – Esalq, o Instituto Agrônomo de Campinas – IAC, a Universidade Federal do Espírito Santo – UFES e a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.

3.8.1. Melhoramento da goiabeira – UENF.

O programa de melhoramento da UENF teve início em 2008, levando em consideração o potencial da cultura na região Norte e Noroeste Fluminense e o propósito de atender as necessidades dos produtores, frente à disponibilidade de poucas cultivares no mercado.

A princípio, 20 acessos de goiabeira foram adquiridos de pomares localizados em São João da Barra – RJ e São Francisco de Itabapoana – RJ. Foram desenvolvidos trabalhos de citogenética e diversidade via marcadores RAPD para seleção de genótipos superiores e, assim, 7 genótipos contrastantes

foram utilizados em cruzamentos dirigidos, que originaram 17 famílias segregantes (Pessanha et al., 2011). A divergência genética entre 138 acessos foi quantificada, resultando na formação de 8 grupos (Campos et al., 2013). As 17 famílias anteriores foram analisadas via REML/BLUP, tendo sido identificadas 10 famílias com valores genotípicos elevados (Quintal et al., 2017). Oliveira et al. (2014) avaliaram a distância genética entre os 27 acessos de araçazeiros e as 10 famílias de goiabeira via agrupamento UPGMA, obtendo 5 grupos principais. Progênes de irmãos-completos de goiabeira foram investigadas quanto à variabilidade genética e ao progresso genético por diversos critérios de seleção como a seleção indireta e direta, modelos mistos e índice de seleção, para seleção de genótipos superiores (Paiva et al., 2016). As 17 famílias obtidas por Pessanha et al. (2011) foram avaliadas quanto a parâmetros genéticos e comparadas por metodologia frequentista e abordagem bayesiana, tendo a inferência bayesiana fornecido o melhor ajuste e possibilitado a seleção das melhores famílias para continuidade do programa, permitindo a obtenção de duas populações (da Silva et al., 2020). Uma população com 18 famílias endogâmicas em que se usou o REML/BLUP na estimação de parâmetros genéticos e índices de seleção por modelos mistos, permitindo a identificação de famílias com melhor qualidade e produção (Ambrósio et al., 2021). E outra população, com 11 famílias de irmãos-completos, em que foram estimados parâmetros genéticos via modelos mistos e divergência genética pela distância euclidiana via BLUP, tendo mostrado que a estratégia de obtenção de irmãos-completos foi eficaz (Santos et al., 2020).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Material vegetal

Foram utilizados acessos da espécie *P. cattleyanum*, *P. myrtoides* via propagação seminífera, e da *P. guajava*, clone para todas as análises. Os acessos utilizados fazem parte da coleção de germoplasma da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, que está implantada no Colégio Agrícola Antônio Sarlo, localizado na latitude 21°43'15.46"S e longitude 41°20'38.34"O, no município de Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro (Figura 1). Os acessos estão distribuídos no campo em 6 linhas com espaçamento de 5m entre plantas de uma mesma linha e de 7m entre linhas.



Figura 1 - Localização do banco de germoplasma de Psidium no Colégio Agrícola Antônio Sarlo.

4.2. Metodologias

a) Número de aberturas germinativas nos grãos de pólen

Para observar o número de aberturas germinativas, foram coletados botões florais na pré-antese de cinco acessos de *P. cattleyanum*, um acesso de *P. myrtoides* e um acesso de *P. guajava*, tendo sido utilizado material de uma planta de cada acesso (Quadro 2). Os botões foram coletados em solução Carnoy 3:1 (Figuras 2 e 3), e nela mantidos por 24h a 4°C. Em seguida, transferidos para uma solução de álcool 70% e conservados em geladeira a 4°C até serem utilizados. No preparo das lâminas, as anteras foram maceradas em gotas de solução tripla de Alexander (Alexander, 1969) para liberação dos grãos de pólen.

Quadro 2. Material vegetal utilizado para a característica número de aberturas germinativas.

Espécie	Acesso
<i>P. cattleyanum</i>	Itaboraí - UENF F1P1
	Madureira - UENF F2P1
	Amarelo - UENF F2P5
	Ereto - UENF F3P1
	Rasteiro - UENF F4P8
<i>P. myrtoides</i>	Uma - UENF F5P4
<i>P. guajava</i>	Paluma - UENF F2P3

Nesta etapa, foram contabilizados e classificados os grãos de pólen quanto ao número de aberturas germinativas (monoaperturados, diaperturados, tri-aperturados, tetra-aperturados, penta-aperturados) (Souza, 2012). Foram contabilizadas três lâminas de 500 grãos de pólen, perfazendo um total de 1500 grãos de pólen observados por acesso (Barbosa, 2016).

Para o cálculo do percentual de pólen normais e anormais, foi considerado que grãos de pólen com três aberturas germinativas são o normal para o gênero, uma vez que a família Myrtaceae é uma eudicotiledônea; grãos de pólen com menos ou mais de três aberturas germinativas foram considerados anômalos (Pozzobon et al., 2011; Souza, 2012).

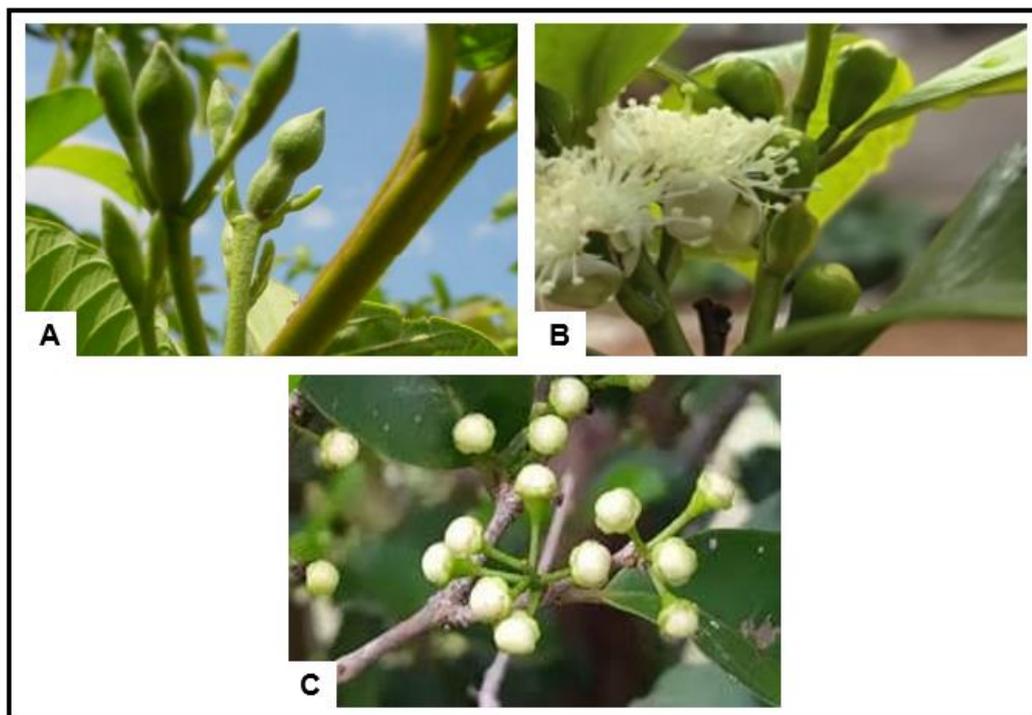


Figura 2 - Botões florais em pré-antese. A: *P. guajava*, B: *P. cattleyanum*, C: *P. myrtooides*.



Figura 3 - Coleta de botões florais em solução fixadora Carnoy 3:1.

b) Viabilidade polínica

A viabilidade polínica foi estimada em todas as plantas que apresentavam botões florais no dia da coleta, sendo 11 acessos de *P. cattleyanum*, quatro acessos de *P. myrtoides* e um acesso de *P. guajava* (Quadro 3).

Quadro 3. Material vegetal utilizado para viabilidade polínica.

Espécie	Acesso
<i>P. cattleyanum</i>	Itaboraí - UENF F1P1
	Itaboraí - UENF F3P9
	Itaboraí - UENF F1P3
	Madureira - UENF F2P1
	Madureira - UENF F3P3
	Madureira - UENF F3P4
	Amarelo - UENF F2P5
	Amarelo - UENF F4P9
	Ereto - UENF F3P1
	Ereto - UENF F3P2
	Rasteiro - UENF F4P8
<i>P. myrtoides</i>	Uma - UENF F5P4
	Uma - UENF F4P3
	Uma - UENF F5P2
	Uma - UENF F4P2
<i>P. guajava</i>	Paluma - UENF F2P3

Para estimar a viabilidade polínica, botões florais na pré-antese foram coletados em solução Carnoy 3:1 (Figuras 2 e 3) e nela mantidos por 24h a 4°C. Em seguida, transferidos para uma solução de álcool 70% e conservados em geladeira a 4°C até serem utilizados. No preparo das lâminas, as anteras foram maceradas em gotas de solução tripla de Alexander (Alexander, 1969) para liberação e pigmentação dos grãos de pólen.

Foram montadas três lâminas por acesso e contados 500 grãos de pólen em cada, totalizando 1.500 grãos de pólen observados aleatoriamente sem levar em consideração seu número de aberturas germinativas.

Os pólenes considerados viáveis foram aqueles que apresentaram os grãos com coloração púrpura. Já os inviáveis, aqueles que não coraram e apresentaram protoplasto contraído ou de formato e tamanho irregular (Alexander, 1969).

O percentual (%) de viabilidade polínica foi estimado e feitos a análise de variância e o teste de médias Skott-Knott a 5% de probabilidade, no modelo DIC ($Y_{ij} = m + T_i + E_{ij}$), com auxílio do pacote ExpDes.pt (Ferreira et al., 2021a) por meio do software R.

As lâminas foram observadas com uso do microscópio óptico (*Olympus BX60*) e as imagens, capturadas com o software *cellSens Standart 1.8 (Olympus)* (Barbosa, 2016) e trabalhadas com o *Paint 3D (Windows)*.

c) Análise palinológica

i. Material vegetal

Para todas as características abaixo, foram utilizados materiais de quatro acessos de *P. cattleyanum*, dois acessos de *P. myrtoides* e um acesso de *P. guajava* (Quadro 4).

Quadro 4. Material vegetal utilizado para as análises palinológicas.

Espécie	Acesso
<i>P. cattleyanum</i>	Itaboraí - UENF F1P1
	Itaboraí - UENF F3P9
	Madureira - UENF F2P1
	Madureira - UENF F3P4
<i>P. myrtoides</i>	Uma - UENF F4P2
	Uma - UENF F5P2
<i>P. guajava</i>	Paluma - UENF F2P3

ii. Preparo do material – Acetólise

Botões florais em pré-antese foram coletados, mantidos em solução Carnoy 3:1 (Figuras 2 e 3) sob refrigeração por 24h. Após este processo, as anteras de dois botões de cada acesso foram coletadas e colocadas em microtubos de 1,5 mL com 500 μ L de ácido acético e mantidos em repouso por 20 min, posteriormente os tubos foram colocados em centrífuga por 5 min a 3.000 rpm e o sobrenadante descartado (Erdtman, 1960; Souza, 2012).

Os grãos de pólen foram então imersos pela mistura acetolítica (anidrido acético e ácido sulfúrico, 9:1) durante 3 min, em banho maria a 100 ± 2 °C. Este material foi novamente centrifugado e a mistura acetolítica retirada, ficando apenas os grãos de pólen nos microtubos. Foram acrescentados nos microtubos 1 ml de água destilada e 100 μ L de álcool etílico. O material sofreu nova centrifugação e retirada do sobrenadante. Enfim, foram acrescentados 1ml de água destilada e glicerina na proporção 3:1 em cada tubo, e o material foi deixado em repouso por 2h. Após este processo, o material foi observado e fotografado (Erdtman, 1960; Souza, 2012). As lâminas foram observadas com uso do microscópio óptico (*Olympus BX60*) e as imagens, capturadas com o software *cellSens Standart 1.8 (Olympus)* (Barbosa, 2016).

iii. Análises

As medidas necessárias para as análises abaixo foram obtidas de 25 grãos de pólen em vista equatorial e 25 em vista polar, com três aberturas germinativas, tomados ao acaso, para cada planta de cada acesso, considerando que eudicotiledôneas são, via de regra, triaperturadas (Kuprianova, 1966; ICMBio, 2014; Barbosa, 2016). As medidas foram feitas com o software *cellSens Standart 1.8 (Olympus)*.

Para todas as análises abaixo, foram calculados faixas de variação (FV), médias (m), desvio padrão da média (sx), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (cv), com o auxílio do software R.

1. Classificação dos grãos de pólen quanto à sua forma.

O grão de pólen pode ser classificado, segundo sua forma, em Peroblato, Oblato, Suboblato, Oblato-esferoidal, Esférico, Prolato-esferoidal, Subprolato, Prolato e Perprolato. Esta classificação é feita com base na relação entre as

medidas do diâmetro polar (DPVE) e equatorial (DEVE) (DP/DE), em vista equatorial (Figura 4), conforme mostra o Quadro 5 (Erdtman, 1952; Plá Júnior et al., 2006; Souza, 2012).

Os grãos de pólen têm polos proximal e distal. O proximal é aquele que fica voltado para o centro da tetrade. A polaridade de um pólen é definida pela similaridade entre estes dois polos. Isopolares são aqueles em que os polos proximal e distal são semelhantes, especialmente em relação às aberturas. Heteropolares são aqueles em que os polos proximal e distal são diferentes (Ramalho, 1973; Barth e Melhem, 1988; Punt et al., 2007).

Quadro 5: Classificação dos grãos de pólen com base na razão entre o eixo polar e o eixo equatorial (P/E), segundo Erdtman (1952).

Classes de pólen	
P/E	DENOMINAÇÃO
0,50	Peroblato
0,51 – 0,74	Oblato
0,75 – 0,87	Suboblato
0,88 – 0,99	Oblato-esferoidal
1,00	Esférico
1,01 – 1,14	Prolato-esferoidal
1,15 – 1,33	Subprolato
1,34 – 2,00	Prolato
2,00	Perprolato

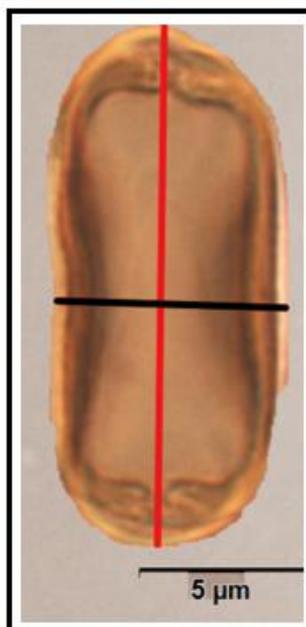


Figura 4 - Representação das medidas do diâmetro polar (em preto) e diâmetro equatorial (em vermelho) em vista equatorial. Barra de 5 μm .

2. Classificação dos grãos de pólen quanto ao seu tamanho.

Para classificação dos grãos de pólen em relação a seu tamanho, levou-se em consideração o comprimento do eixo maior, em vista polar (Figura 5), tendo os grãos sido classificados em muito pequenos, pequenos, médios, grandes, muito grandes ou gigantes, de acordo com Erdtman (1945) (Quadro 6).

Quadro 6. Classificação dos grãos de pólen em tamanhos, com base no comprimento de seu maior eixo (Erdtman, 1945).

Tamanho dos grãos de pólen	
Muito pequenos	< 10 μm
Pequenos	10-25 μm
Médios	25- 50 μm
Grandes	50-100 μm
Muito grandes	100-200 μm
Gigantes	> 200 μm

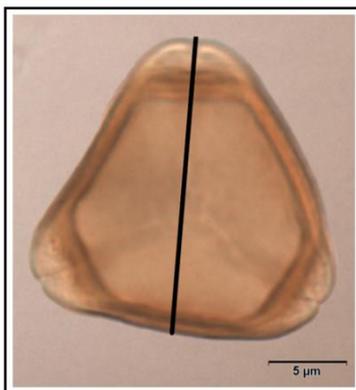


Figura 5 - Representação da medida do diâmetro (em preto) em vista polar (DEVP). Barra de 5 μm.

3. Índice de área Polar (IAP)

O índice de área polar é a relação entre a distância das extremidades de duas aberturas germinativas (medida do lado do apocolpo, LA) (Figura 6) e o diâmetro do grão de pólen em vista polar. Este índice classifica os grãos de pólen quanto ao tamanho de sua área polar (Quadro 7), conforme proposto por Iversen e Troels-Smith (1950) e Faegri e Iversen (1964).

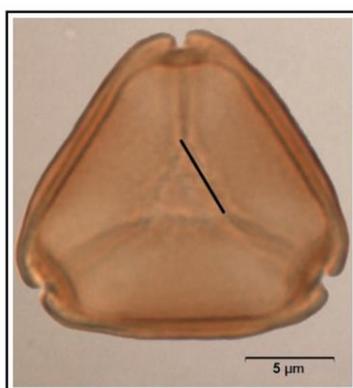


Figura 6 - Representação da medida do lado do apocolpo (LA) (em preto) em vista polar. Barra de 5 μm.

Quadro 7: Classificação dos grãos de pólen pelo índice de área polar (IAP).

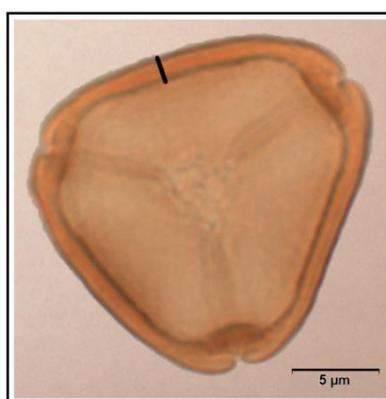
Classificação	Índice de área polar (IAP)
Sem área polar	0
Área polar muito pequena	<0,25 (abertura muito longa)
Área polar pequena	0,25 – 0,50 (abertura longa)
Área polar grande	0,50 – 0,75 (abertura curta)
Área polar muito grande	>0,75 (abertura muito curta)

4. Índice Exina (IE)

Este índice classifica a espessura da exina (Esp) (Figura 7) em relação ao diâmetro (D) do grão de pólen em vista polar (Esp/D) (Quadro 8), segundo proposição de Faegri e Iversen (1964).

Quadro 8. Classificação da exina pelo índice exina proposto por Faegri e Iversen (1964).

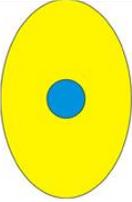
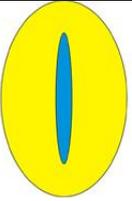
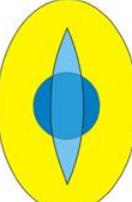
Classificação da exina	Índice exina (IE)
Muito fina	<0,05
Fina	0,05 – 0,10
Espessa	0,10 – 0,25
Muito espessa	>0,25

**Figura 7** - Representação da medida da espessura da exina (Esp) (em preto) em vista polar. Barra de 5 µm.

5. Tipos de aberturas germinativas

As aberturas foram classificadas em poro, colpo ou colporo, pela sua relação largura/comprimento (L/C) (Erdtman, 1952)(Quadro 9).

Quadro 9. Classificação do tipo de abertura polínica segundo Erdtman (1952).

Classificação	L/C	Esquema (Punt et al., 2007)
Poro	< 2	
Colpo	> 2	
Colporo	Poro + colpo	

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os materiais utilizados em nossas análises foram coletados na manhã do dia 14/11/2019, que estava nublado. No dia anterior, a estação meteorológica registrou precipitação de 34 mm, temperatura média de 23,26 °C e umidade relativa do ar de 79,79 %. No dia da coleta, foram registrados 4,2 mm, 24,23 °C e 82,29 % de umidade relativa (INMET, 2021).

O fato de a temperatura estar amena e a umidade elevada no momento da coleta podem ter influenciado nas medidas realizadas. Isto reforça a recomendação de realizar estudos palinológicos em diversos ambientes para conhecer como os grãos de pólen se comportam em cada local.

a. Aberturas germinativas

❖ Número

A goiabeira apresentou grãos de pólen com 3 e 4 aberturas germinativas, predominando os grãos com três aberturas. Os araçazeiros apresentaram pólenes com 1, 2, 3, 4 e 5 aberturas, sendo em *P. cattleyanum* predominante três aberturas germinativas e em *P. myrtoides* quatro aberturas (Gráfico 1, Figura 8).

Gráfico 1 - Número de aberturas germinativas (em %) dos grãos de pólen de *Psidium* spp.

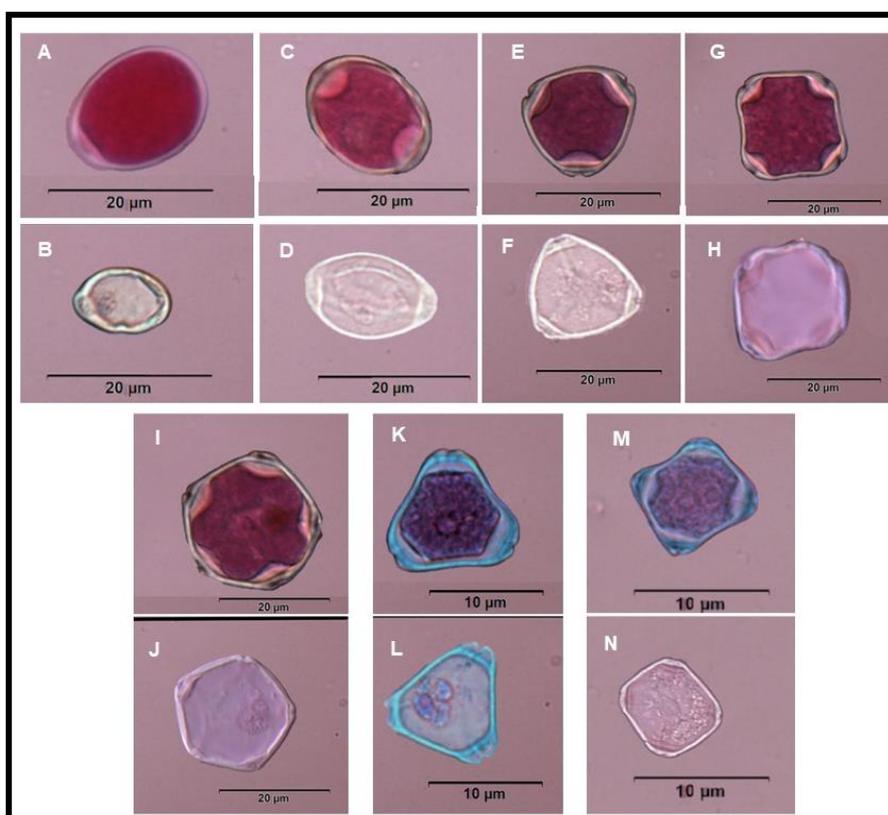
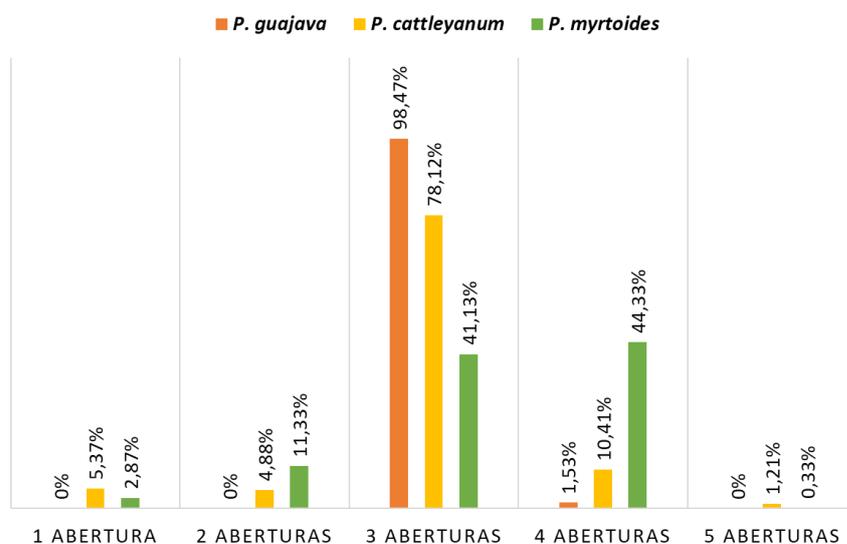


Figura 8 - Grãos de pólen viáveis e inviáveis, com 1, 2, 3, 4 e 5 aberturas germinativas. **A – J**: Pólenes de araçazeiros: **A** – 1 abertura, viável; **B** – 1 abertura, inviável; **C** – 2 aberturas, viável; **D** – 2 aberturas, inviável; **E** – 3 aberturas, viável; **F** – 3 aberturas, inviável; **G** – 4 aberturas, viável; **H** – 4 aberturas, inviável; **I** – 5 aberturas, viável; **J** – 5 aberturas, inviável. **K – N**: Pólenes de goiabeira: **K** – 3 aberturas, viável; **L** – 3 aberturas, inviável; **M** – 4 aberturas, viável; **N** – 4 aberturas, inviável. Barras de 20 µm de A - J. Barras de 10 µm de K - N.

Esses resultados indicam que o gênero *Psidium* apresenta variação no número de aberturas germinativas (heteromorfismo), conforme já relatado para espécies do gênero *Syzygium*, da família Myrtaceae (Nacata et al., 2019). É interessante notar que a espécie cultivada apresenta, na sua maioria, pólen com três aberturas, uma característica das Eudicotilédoneas, por isto, considerados normais (Furness e Rudall, 2004), enquanto as espécies silvestres de araçazeiros apresentam maior variação, indo desde uma abertura a cinco aberturas.

De acordo com Pire e Dematteis (2007), o heteromorfismo é comum em eudicotiledôneas, tendo influência no formato do âmbito em vista polar e isto pôde ser observado neste trabalho, tendo os grãos de pólen diferentes formas em relação a seu número de aberturas (Figura 8).

O heteromorfismo ainda não é bem compreendido, mas umas das principais causas podem ser a poliploidia e o aumento do tamanho dos grãos de pólen (Pire e Dematteis, 2007). Espécies poliploides, em geral, têm maiores dificuldades reprodutivas e como cada abertura é um local propício para a emissão do tubo polínico, a poliploidia dos araçazeiros pode explicar a variação no número de aberturas germinativas de seus grãos de pólen, sugerindo o heteromorfismo como uma vantagem reprodutiva.

Barbosa (2016) observou grãos de pólen com 2 a 4 aberturas para *P. guajava*, 2 a 5 aberturas em *P. cattleyanum* e 1 a 5 aberturas em *P. guinense*, tendo sido prevalente a quantidade de três aberturas germinativas em ambas as espécies, na proporção de 86,2 %, 91,3 % e 79,6 %, respectivamente.

A predominância de 3 aberturas germinativas está de acordo com outros trabalhos sobre *Psidium* (Aftab e Perveen, 2006; Stanski, 2014; Kailas et al., 2016; Tuler et al., 2017) que classificaram os grãos de pólen predominantemente como triaperturados para estas e outras espécies do gênero.

Para o melhoramento, maior número de aberturas germinativas pode ser vantajoso visto aumentar as chances de emissão de tubos polínicos e, conseqüentemente, de cruzamentos bem sucedidos.

❖ Âmbito

Quanto ao formato do âmbito, não há diferença entre as espécies, sendo os grãos de pólen com 1 e 2 aberturas mais estreitos que os demais. Os grãos de pólen normais (3 aberturas) apresentam formato triangular, grãos com 4

aberturas são, no geral, de âmbito quadrado, e os com 5 aberturas pentagonais têm, em todos os casos, as aberturas localizadas nos vértices, ou seja, os grãos de pólen são ângulo-aperturados (Figura 8), observações que confirmam os achados de Tuler et al. (2017).

❖ Tipo

Não foi possível medir as aberturas germinativas para classificar sua forma com exatidão devido a fatores como a anatomia dos grãos e a dificuldade de observação desta característica pela microscopia de campo claro utilizada.

Para determinar o tipo de abertura germinativa, foram comparadas então imagens dos grãos de pólen normais, em vista polar, de *P. guajava*, *P. cattleyanum* e *P. myrtoides*, obtidas neste trabalho, com imagens apresentadas em outros trabalhos (Santos, 1963; Aftab e Perveen, 2006; Thornhill et al., 2012; Kailas et al., 2016; Tuler et al., 2017; Nascimento e Carvalho, 2019).

Assim, as aberturas puderam ser identificadas como do tipo colporo, sendo o poro localizado nos extremos (vértices) e o colpo seguindo deste local para o centro (polo) do grão.

b. Viabilidade polínica

A análise de variância mostrou diferença significativa entre e dentro dos genótipos quanto à viabilidade polínica, com baixo coeficiente de variação (Tabela 1).

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para a característica viabilidade polínica.

Fontes de Variação	G.L.	Q.M.
Genótipo	2	5410,7850**
Planta/Genótipo	13	345,7878**
Resíduo	30	21,85
Coeficiente de Variação		6,38 %

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

Esta diferença significativa de planta/genótipo indica podem ser selecionadas plantas que apresentaram maior taxa de viabilidade polínica, em detrimento das demais, dentro das espécies.

O teste de médias de Skott-Knott mostrou que, dentro da espécie *P. myrtoides*, apenas o acesso UENF F5P4 diferiu estatisticamente dos demais, que não apresentaram diferenças significativas com relação à espécie *P. guajava*. Já entre os acessos de *P. cattleyanum*, foram observadas maior diferença estatística e taxas de viabilidade polínica média inferiores às de *P. guajava* e *P. myrtoides* (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de médias Skott-Knott quanto à porcentagem média de grãos de pólen viáveis de acessos de goiabeira (*P. guajava*) e araçazeiros (*P. myrtoides* e *P. cattleyanum*).

Espécie	Acesso	GPV (%)
<i>P. guajava</i>	Paluma – UENF F2P3	97,13 a
<i>P. myrtoides</i>	A. Una – UENF F4P2	99,67 a
	A. Una – UENF F5P2	96,87 a
	A. Una – UENF F4P3	94,07 a
	A. Una – UENF F5P4	90,40 b
Média		95,25
<i>P. cattleyanum</i>	A. Rasteiro – UENF F4P8	83,20 c
	A. Madureira – UENF F2P1	74,67 d
	A. Itaboraí – UENF F1P1	74,00 d
	A. Madureira – UENF F3P4	69,33 d
	A. Ereto – UENF F3P1	69,13 d
	A. Itaboraí – UENF F3P9	61,73 e
	A. Amarelo – UENF F4P9	61,27 e
	A. Amarelo – UENF F2P5	55,53 e
	A. Ereto – UENF F3P2	51,67 f
	A. Itaboraí – UENF F1P3	49,47 f
A. Madureira – UENF F3P3	44,73 f	
Média		63,16

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade.

Segundo Souza et al. (2002) e Coser et al. (2012), viabilidade acima de 70% é considerada alta.

Elevadas taxas de viabilidade polínica, especialmente em plantas alógamas, aumentam probabilidades de combinações alélicas diferentes e, conseqüentemente, a variabilidade genética (Souza et al., 2002), favorecendo, assim, os programas de melhoramento.

Da Silva et al. (2017) relataram média de 89,32% de viabilidade polínica para *P. guajava*, bem abaixo do observado neste trabalho. Já Oliveira (2018) obteve resultados semelhantes aos deste trabalho apresentados para as espécies *P. guajava* (97,56 %) e *P. cattleyanum* (65,14 %), assim como Barbosa (2016), que relatou viabilidade de 97,3% e 72,0% para *P. guajava* e *P. cattleyanum*, respectivamente.

Alfia et al. (2017), analisando a viabilidade polínica via testes de germinação, relataram taxas médias de 80,34 % para *P. guajava*, de 40,23 % para *P. cattleyanum* e de 62,30 % para *P. guinense*. Coser et al. (2012), comparando métodos colorimétricos e de germinação para análise da viabilidade polínica, também observaram menores taxas provenientes dos testes germinativos. Estes autores relatam que esta diferença entre os métodos colorimétricos e germinativos é esperada, uma vez que os corantes são capazes apenas de nos informar se a estrutura polínica está íntegra, o que nem sempre significa que aquele pólen é efetivamente viável, mas, mesmo diante disto, os métodos colorimétricos são considerados excelentes indicadores de viabilidade polínica.

Segundo Nacata et al. (2019), a solução tripla de Alexander foi a mais adequada para estimar a viabilidade polínica em *Syzygium* (Mirtaceae). Para Hister & Tedesco (2016) e Da Silva et al. (2017), a solução tripla de Alexander é suficientemente efetiva para indicação da viabilidade polínica, pois é capaz de corar a parede celular dos grãos de pólen em tons de verde, pelo verde malaquita, e o protoplasma de púrpura, pela fucsina ácida, assim, os grãos inviáveis são aqueles que não apresentam protoplasma corado (Alexander, 1969).

Notou-se também que os grãos de pólen podem ser viáveis ou inviáveis independentemente do número de aberturas germinativas que tenham, reforçando a ideia de que o heteromorfismo é uma estratégia ecológica das

espécies, não meramente irregularidades meióticas, conforme proposto por Pire e Dematteis (2007).

c. Classificação dos grãos de pólen quanto à sua forma e tamanho

Em todas as espécies, foram observados grãos de pólen oblatos e peroblatos, segundo a classificação de Erdtman (1952). Em termos de médias, para *P. guajava*, os grãos de pólen foram classificados como oblatos, já para *P. cattleyanum* e *P. myrtoides*, os grãos de pólen foram classificados em peroblatos (Tabela 3).

Tabela 3 - Classificação dos grãos de pólen quanto à sua forma, segundo Erdtman (1952). Valores médios (em μm) do Diâmetro Equatorial em Vista Equatorial (DEVE), Diâmetro Polar em Vista Equatorial (DPVE). Relação DP/DE seguida dos valores de faixa de variação (FV), média (m), desvio padrão da amostra (S), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%).

Espécie	Média (μm)		DP/DE (μm)					Forma
	DEVE	DPVE	FV	m	S	IC. 95%	CV (%)	
<i>P. guajava</i>	12,62	7,19	0,44 – 0,68	0,57	0,06	0,55 – 0,60	10,41	Oblato
<i>P. cattleyanum</i>	18,12	9,15	0,34 – 0,75	0,50	0,07	0,49 – 0,52	14,89	Peroblato
<i>P. myrtoides</i>	16,97	8,00	0,29 – 0,62	0,47	0,06	0,45 – 0,49	13,51	Peroblato

Além disto, pela observação das imagens, os grãos de pólen das três espécies, em vista equatorial, seguem o padrão de isopolares, conforme proposto por Plá Júnior et al. (2006) (Figura 9).

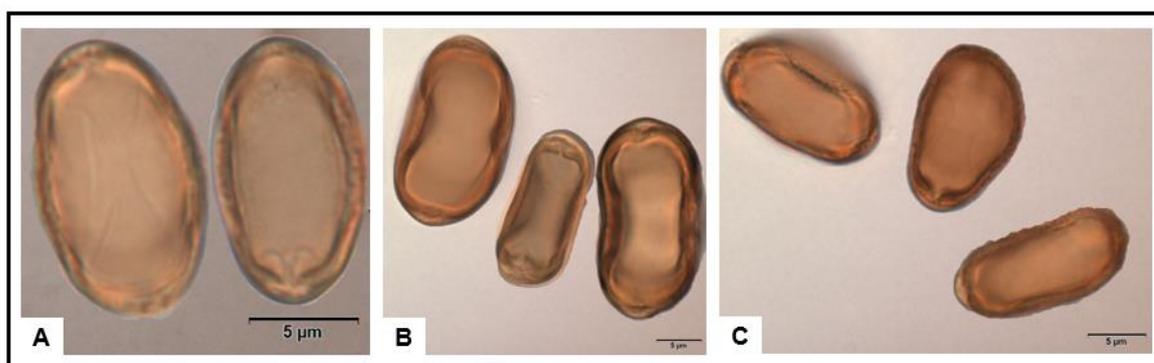


Figura 9 - Grãos de pólen em vista equatorial. **A:** *P. guajava*, **B:** *P. cattleyanum*, **C:** *P. myrtoides*. Barra de 5 μm .

Os resultados observados para a característica forma do grão de pólen estão em consonância com o observado por Tuler et al. (2017), exceto para a espécie *P. myrtoides*, para a qual os autores classificaram os grãos de pólen como oblatos. Contudo, não são informações muito discrepantes, considerando que o DP/DE médio para *P. myrtoides* foi de 0,47 μm (o que o classificou como peroblato) e a faixa de DP/DE que determina a forma oblato é de 0,51 a 0,74 μm , havendo, portanto, uma diferença de apenas 0,03 μm . Destaca-se ainda que cada observador/medidor, embora siga os padrões para a realização das medidas, pode apresentar leves diferenças na sua precisão.

Em relação ao tamanho, as três espécies tiveram seus grãos de pólen classificados como pequenos, de acordo com Erdtman (1945), ou seja, apresentaram diâmetro em vista polar entre 10 e 25 μm , sendo que o menor grão de pólen foi observado em *P. guajava*, com 10,28 μm , e o maior em *P. cattleyanum*, com 24,44 μm (Tabela 4, Figura 10).

Tabela 4 - Classificação dos grãos de pólen quanto ao seu tamanho, conforme proposto por Erdtman (1945). Diâmetro Equatorial em Vista Polar (em μm) (DEVP), seguido dos valores de faixa de variação (FV), média (m), desvio padrão da amostra (s), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%).

Espécie	FV	DEVP (μm)				Tamanho
		m	S	IC. 95%	CV (%)	
<i>P. guajava</i>	10,28 – 13,56	11,87	0,93	11,49 – 12,25	7,89	Pequenos
<i>P. cattleyanum</i>	12,55 – 24,44	17,86	2,36	17,39 – 18,33	13,19	Pequenos
<i>P. myrtoides</i>	13,02 – 23,68	17,40	3,04	16,53 – 18,26	17,45	Pequenos



Figura 10 - Grãos de pólen em vista polar. **A:** *P. guajava*, **B:** *P. cattleyanum*, **C:** *P. myrtoides*. Barra de 5 μm .

Tuler et al. (2017) também classificaram os grãos de pólen de *P. guajava* em pequenos, já para *P. cattleyanum* e *P. myrtoides*, os grãos de pólen foram classificados como médios. Estas diferenças podem ocorrer por motivos como taxas de umidade no momento de coleta, armazenamento e preparo do material coletado, assim como pelo tempo entre o preparo do material e a observação e sua medida. Neste trabalho, os grãos de pólen foram acetolisados e fotografados no mesmo dia, conforme indicado por Erdtman (1960) e Souza (2012), diferentemente do trabalho de Tuler et al. (2017), no qual , relatam que as medidas foram feitas até sete dias após o preparo do material.

De acordo com Gasparino & Cruz-Barros (2006), as características forma e tamanho, especialmente o tamanho, são de pouca precisão diagnóstica, considerando que são caracteres instáveis, podendo ser influenciados pelo ambiente (% de umidade, temperatura) e, até mesmo, pelo preparo e armazenamento do material. Já de acordo com Tuler et al. (2017), as características forma e tamanho dos grãos de pólen foram das mais relevantes para análises de agrupamento, tendo *P. guajava* ficado em um grupo e *P. cattleyanum* e *P. myrtoides* em outro grupo, conseguindo, assim, uma delimitação taxonômica das espécies de *Psidium* estudadas.

Fernandes da Silva et al. (2019) mostraram que há significativa diferença nos diâmetros e tamanho dos grãos de pólen de *Physalis peruviana* L. em relação à intensidade de luz que recebe do ambiente. Os autores relatam que pólenes de plantas cultivadas a pleno sol e sob malha fotoconversora de cor branca apresentam maiores medidas do que os pólenes provenientes de plantas cultivadas sob malhas de coloração azul, vermelha e preta, pois ficam mais sujeitos a elevada temperatura e ação de radiação, as quais podem causar espessamento da exina como um mecanismo do pólen para evitar a dessecação, por exemplo.

d. Índice de área Polar (IAP)

A área polar dos araçazeiros variou entre muito pequena e grande, de acordo com o IAP, em geral, tendo, em média, os grãos de pólen de *P. myrtoides* e *P. cattleyanum* apresentado pequena área polar (Tabela 5). Estes dados estão em consonância com Tuler et al. (2017), que observaram grãos de pólen com área polar desde muito pequena a pequena, com média de 0,23 μm para *P.*

cattleyanum e de 0,29 μm para *P. myrtoides*. Stanski (2014), estudando espécies de Myrtaceae da região dos campos gerais no Paraná, também relata que o índice de área polar das espécies do gênero *Psidium* variou de muito pequena a pequena.

Tabela 5 - Classificação dos grãos de pólen quanto ao índice de área polar (IAP), conforme proposto por Faegri e Iversen (1964) Médias (em μm) do lado do apocolpo (LA) e IAP seguidas dos valores de faixa de variação (FV), média (m), desvio padrão da amostra (s), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%).

Espécie	LA m	FV	IAP				Classificação
			m	S	IC. 95%	CV (%)	
<i>P. cattleyanum</i>	5,33	0,22 – 0,43	0,30	0,06	0,27 – 0,32	20,82	AP pequena
<i>P. myrtoides</i>	7,48	0,30 – 0,58	0,43	0,06	0,40 – 0,45	15,09	AP pequena

Santos (1963), Tuler et al. (2017) e Roubik (2018) relatam que os grãos de pólen de *P. guajava* não têm área polar, pois apresentam sulcos unidos de vértice a vértice na região polar do grão. Neste trabalho, não foi possível observar com clareza esta característica, em razão das restrições de visualização, mas observou-se que os grãos de pólen de *P. guajava* não apresentavam área polar visivelmente definida pelos apocolpos, como no caso de *P. cattleyanum* e *P. myrtoides* (Figura 11), o que pode confirmar o dito pelos autores acima.

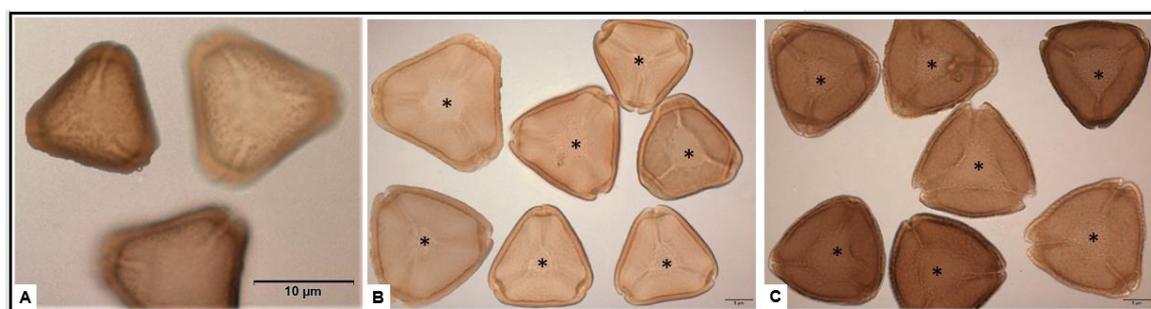


Figura 11 - Grãos de pólen mostrando a área polar (indicado pelo asterisco). A: *P. guajava* (barra de 10 μm), B: *P. cattleyanum*. C: *P. myrtoides*. Em A barra de 10 μm , B e C com barras de 5 μm .

e. Espessura e Índice Exina (IE)

A espessura da exina variou de 0,74 a 1,59 μm entre as três espécies, sendo menor em *P. guajava* e maior em *P. cattleyanum* (Tabela 6, Figuras 10 e 11). Em *P. guajava*, essa variação foi menor do que o observado por outros autores que relataram espessura média da exina de 1,68 μm (Aftab e Perveen, 2006), 1,75 μm (Kailas et al., 2016) e 1,26 μm (Nascimento e Carvalho, 2019), isto pode ter ocorrido pela diferença no tipo de microscopia utilizada e pelas variações provenientes do ambiente de coleta do material. A ML (microscopia de luz) pode ser considerada inferior em comparação com a MEV (microscopia eletrônica de varredura), para exata observação e determinação dos limites da exina, influenciando, assim, na tomada das medidas.

Tabela 6 - Espessura da Exina (em μm), seguida dos valores de faixa de variação, média (m), desvio padrão da amostra (s), intervalo de confiança (IC) e coeficiente de variação (CV%).

Espécie	Faixa de Variação	Espessura da Exina			
		m	S	IC. 95%	CV (%)
<i>P. guajava</i>	0,74 – 1,08	0,93	0,08	0,89 – 0,96	8,56
<i>P. cattleyanum</i>	0,82 – 1,59	1,24	0,16	1,21 – 1,27	12,79
<i>P. myrtooides</i>	0,86 – 1,49	1,16	0,18	1,10 – 1,20	15,60

Ressalta-se que não foi possível medir separadamente a espessura da sexina e nexina em razão das limitações de observação, mas, de acordo com Kailas et al. (2016) e Tuler et al. (2017), para o gênero *Psidium*, em geral, a sexina é quase tão espessa quanto a nexina.

O índice exina (Espessura da Exina / DEVP) variou de 0,051 a 0,097 μm entre as espécies, tendo sido, em todos os casos, as exinas classificadas como finas, de acordo com Faegri e Iversen (1964) (Tabela 7). Estes dados confirmam aqueles observados por Tuler et al. (2017), que, embora não tenham calculado o IE, relataram espessura da exina (sexina + nexina) média de 1,5 μm , 2,0 μm e 2,0 μm e média de DEVP de 28,0 μm , 22,3 μm e 25,6 μm , respectivamente, para *P. cattleyanum*, *P. guajava* e *P. myrtooides*, valores estes que, assim como no presente trabalho, classificam a exina destas espécies como finas.

Tabela 7 - Faixa de variação, média e classificação da espessura da exina em relação ao índice Exina (IE) (em μm), de acordo com Faegri e Iversen (1964).

Espécie	Faixa de Variação	IE	Classificação
<i>P. guajava</i>	0,065 – 0,096	0,078	Fina
<i>P. cattleyanum</i>	0,051 – 0,097	0,070	Fina
<i>P. myrtooides</i>	0,053 – 0,094	0,067	Fina

6. CONCLUSÕES

As espécies *P. guajava* e *P. myrtoides* apresentaram maiores taxas de viabilidade polínica (acima de 90%) e *P. cattleyanum* apresentou a maior variação entre os acessos. Apenas os acessos Rasteiro – UENF F4P8, Madureira – UENF F2P1 e Itaboraí – UENF F1P1 tiveram taxa de viabilidade acima de 70%, tendo, portanto, maiores chances de realizar cruzamentos eficazes, sendo, por consequência, os mais indicados para futuros trabalhos.

Os grãos de pólen da goiabeira têm três aberturas germinativas do tipo colporo, alta taxa de viabilidade em vista equatorial, apresentam formato oblato em vista polar, apresentam âmbito de formato triangular, são ângulo-colporados, de tamanho pequeno, têm exina fina e área polar nula.

P. cattleyanum tem grãos de pólen que apresentam predominantemente três aberturas germinativas do tipo colporo, baixa viabilidade polínica, formato peroblato quando em vista equatorial e âmbito triangular, são ângulo-colporados, de tamanho pequeno, exina fina e área polar pequena.

Na espécie *P. myrtoides*, a taxa de grãos de pólen com três e quatro aberturas germinativas é equivalente, sendo do tipo colporo, apresentam alta viabilidade polínica, formato peroblato quando em vista equatorial. Os grãos de pólen com três aberturas apresentam âmbito triangular e aqueles com quatro aberturas, âmbito predominantemente quadrado, são ângulo-colporados, de tamanho pequeno, exina fina e área polar pequena.

Assim, de forma geral, a estrutura dos grãos de pólen da goiabeira e dos araçazeiros é semelhante, indicando que a dificuldade de cruzamento entre estas espécies seja apenas a nível de ploidia e que a morfologia do grão de pólen não é fator relevante no processo.

Considerando a semelhança entre os grãos de pólen das três espécies, vê-se que o número de aberturas germinativas e o tamanho dos grãos não são bons indicadores de ploidia.

O uso da microscopia de campo claro mostrou-se limitante para observação de características como ornamentação da exina e abertura polínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aftab, R., Perveen, A. (2006) A palynological study of some cultivated trees from Karachi. *Pakistan J Bot* 38: 15–28.
- Alexander, M.P. (1969) Differential staining of aborted and nonaborted pollen. *Biotech Histochem* 44: 117–122.
- Alfia, M.A., Vasugi, C., Honnabyraiah, M.K., Dinakara Adiga, J., Shivapriya, M., Vincent, L. (2017) Phenological Stages of Wild Species and Cultivated Species of Guava (*Psidium guajava* L.). *Int J Pure Appl Biosci* 5: 464–474.
- Ambrósio, M., Viana, A.P., Ribeiro, R.M., Preisigke, S.C., Cavalcante, N.R., Silva, F.A. da., Torres, G.X., Sousa, C.M.B. de. (2021) Genotypic superiority of *Psidium guajava* S1 families using mixed modeling for truncated and simultaneous selection. *Sci Agric* 78: 1–9.
- Bahadur, S., Ahmad, M., Mir, S., Zafar, M., Sultana, S., Ashfaq, S., Arfan, M. (2018) Identification of monocot flora using pollen features through scanning electron microscopy. *Microsc Res Tech* 1–15.
- Barbosa, R.M. (2016) Avaliação Citológica de Acessos de *Psidium*. 44p.
- Barth, O.M., Melhem, T.S. (1988) *Glossário Ilustrado de Palinologia*. Campinas: Editora da Universidade Estadual de Campinas,
- Biazatti, M.A., Souza, R.M. De., Marinho, C.S., Guilherme, D.D.O., Campos, G.S., Gomes, V.M., Bremenkamp, C.A. (2016) Resistência de genótipos de

- araçazeiros a *Meloidogyne enterolobii*. *Ciência Rural* 46: 418–420.
- Biffin, E., Lucas, E.J., Craven, L.A., Da Costa, I.R., Harrington, M.G., Crisp, M.D. (2010) Evolution of exceptional species richness among lineages of fleshy-fruited Myrtaceae. *Ann Bot* 106: 79–93.
- Cabral, J.C., Rossi, A.A.B., Klein, M.E., Vieira, F.S., Giustina, L. Della. (2013) Estimativa da viabilidade polínica em acessos de *Theobroma cacao* L. baseada em testes colorimétricos. *Enciclopédia Biosf* 9: 2780–2788.
- Campos, B.M., Viana, A.P.I.O., Silva, S., Quintal, R.E.D., Simões, L., Gonçalves, A., Gomes, P., Pessanha, D.E.O. (2013) QUANTIFICAÇÃO DA DIVERGÊNCIA GENÉTICA ENTRE ACESSOS DE GOIBEIRA POR MEIO DA ESTRATÉGIA WARD?MLM. *Rev Bras Frutic* 35: 571–578.
- 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.
- 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., accessions and their grafting compatibility with *P. guajava* cv. paluma. *Fitopatol Bras* 32: 281–284.
- CETAP. (2015) FRUTAS NATIVAS alimentos locais, sabores e ingredientes especiais. 22p.
- Correia, A. de O., Silva, M.V. da., Cabanez, P.A., Alves, F.R., Costa, A.V., Queiroz, V.T. de., Xavier, A. da S., Costa, D. da 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 7–17
- Coser, S.M., Ferreira, M.F. da S., Ferreira, A., Saraiva, S.H. (2014) DIVERSIDADE GENÉTICA DE SELEÇÕES DE GOIABEIRAS CORTIBEL. *Rev Bras Frutic* 36: 391–399.
- Coser, S.M., Fontes, M.M.P., Ferreira, M.F.S. (2012) Assessment of pollen viability in guava genotypes. *Acta Horti* 959: 141–144.

- Costa, I.R. da. (2009) Estudos evolutivos em Myrtaceae: aspectos citotaxonômicos e filogenéticos em Myrteae, enfatizando *Psidium* e gêneros relacionados. Universidade Estadual de Campinas 244p.
- Costa, I.R., Machado, R.M., Forni-martins, E.R., Federal, U., Ciências, C. De., Biologia, D. De., Biológicas, C. (2013) NOVOS RELATOS DE NÚMEROS CROMOSSÔMICOS POLIPLOIDES EM *Psidium* (MYRTACEAE) Resultados e Discussão.
- Da Silva, A.T., Mazine, F.F. (2016) A família Myrtaceae na Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, São Paulo, Brasil. *Rodriguesia* 67: 203–223.
- da Silva, F.A., Viana, A.P., Corrêa, C.C.G., Carvalho, B.M., de Sousa, C.M.B., Amaral, B.D., Ambrósio, M., Glória, L.S. (2020) Impact of Bayesian Inference on the Selection of *Psidium guajava*. *Sci Rep* 10: 1–9.
- da Silva, S.N., Silva, M.A., Marçal, T. de S., Ferreira, A., Fontes, M.M.P., Ferreira, M.F. da S. (2017) Genetic parameters of pollen viability in guava (*Psidium guajava* L.). *Aust J Crop Sci* 11: 1–8.
- Dafni, A. (1992) *Pollination ecology: a practical approach*. 250p.
- Das Graças De Souza, A., Resende, L.V., De Lima, I.P., Martins, L.S.S., Techio, V.H. (2015) Chromosome number and nuclear DNA amount in *Psidium* spp. resistant and susceptible to *Meloidogyne enterolobii* and its relation with compatibility between rootstocks and commercial varieties of guava tree. *Plant Syst Evol* 301: 231–237.
- de Almeida, E.J., dos Santos, J.M., Geraldo Martins, A.B. (2009) Resistência de goiabeiras e araçazeiros a *Meloidogyne mayaguensis*. *Pesqui Agropecu Bras* 44: 421–423.
- de Macêdo, D.G., de Almeida Souza, M.M., Morais-Braga, M.F.B., Coutinho, H.D.M., dos Santos, A.T.L., Machado, A.J.T., Rodrigues, F.F.G., da Costa, J.G.M., de Menezes, I.R.A. (2020) Seasonality influence on the chemical composition and antifungal activity of *Psidium myrtoides* O. Berg. *South African J Bot* 128: 9–17.
- De Oliveira, N.N.S., Viana, A.P., Quintal, S.S.R., Paiva, C.L., Marinho, C.S. (2014) Análise de distância genética entre acessos do gênero *psidium* via

- marcadores ISSR. *Rev Bras Frutic* 36: 917–923.
- De Souza, A.D.G., Resende, L.V., De Lima, I.P., Martins, L.S.S., Techio, V.H. (2015) Chromosome number and nuclear DNA amount in *Psidium* spp. resistant and susceptible to *Meloidogyne enterolobii* and its relation with compatibility between rootstocks and commercial varieties of guava tree. *Plant Syst Evol* 301: 231–237.
- Dijkstra, J., Speckmann, G.J. (1965) GERMINAL PORE NUMBER IN POLLEN GRAINS AS A SELECTION BASIS IN THE PRODUCTION OF TETRAPLOID CLOVER. 244–248p.
- Éder-Silva, E., Felix, L.P., Bruno, R.D.L.A. (2007) Citogenética de algumas espécies frutíferas nativas do nordeste do Brasil. *Rev Bras Frutic* 29: 110–114.
- Erdtman, G. (1986) *Pollen morphology and plant taxonomy: an introduction to palynology*. 2.ed. Stockholm, Sweden: Almqvist e Wiksell, 553p.
- Erdtman, G. (1952) *Pollen morphology and plant taxonomy Angiosperms*. Stockholm: Almqvist e Wiksell,
- Erdtman, G. (1960) The acetolysis method. A revised description. *Sven Bot Tidskr* 54: 561–564.
- Erdtman, G. (1945) Pollen morphology and plant taxonomy. III. *Morina* L. with an addition on pollen morphological terminology.
- Fachinetto, J.M., Kaltchuk-santos, E., Eggers, L., Souza-chies, T.T. (2013) TAMANHO DOS GRÃOS DE PÓLEN COMO INDICATIVO DO NÍVEL DE PLOIDIA DE *Sisyrinchium sellowianum* (IRIDACEAE) Resultados e Discussão.
- Faegri, K., Iversen, J. (1964) *Textbook of pollen analysis*. 2.ed. Oxford: Blackwell, 237p.
- FAOSTAT, F. and A.O. of the U.N.S.D. (2019) Top 10 country production of mangoes, mangosteens, guavas 2019. In: Food Agric. Organ. United Nations. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>.
- Fernandes da Silva, D., Villa, F., Sabini da Silva, L., Menegazzo da Silva, G.,

- Felipe Eckert, A. (2019) Caracterização e alterações morfológicas em grãos de pólen de fisális (*Physalis peruviana* L. (Solanaceae)) cultivada sob diferentes espectros luminosos. *Colloq Agrar* 15: 24–32.
- Ferreira, E.B., Cavalcanti, P.P., Nogueira, D.A. (2021a) ExpDes.pt: Pacote Experimental Designs (Portugues).
- Ferreira, F.B., Magalhães, F. de S., Cardoso, V.L., Reis, M.H.M. (2021b) Enhanced conditions to obtain a clarified purple araça (*Psidium myrtoides*) fruit extract. *J Food Process Eng* 44: 1–10.
- Ferreira, F.B., Ullmann, G., Vieira, L.G.M., Cardoso, V.L., Reis, M.H.M. (2020) Hydrodynamic performance of 3D printed turbulence promoters in cross-flow ultrafiltrations of *Psidium myrtoides* extract. *Chem Eng Process - Process Intensif.* doi: 10.1016/j.cep.2020.108005
- Filho, A.G., de Oliveira, J.G., Viana, A.P., de Oliveira Siqueira, A.P., Oliveira, M.G., Pereira, M.G. (2010) Marcadores moleculares RAPD e descritores morfológicos na avaliação da diversidade genética de goiabeiras (*Psidium guajava* L.). *Acta Sci - Agron* 32: 627–633.
- Flora do Brasil 2020 em construção. (2020) *Psidium*. In: Jard. Botânico do Rio Janeiro. <http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB10853>. Accessed 20 Apr 2020
- Flori, J.E. (2016) Principais variedades de goiaba.
- Franzon, R.C., Campos, L.Z.O., Proença, C.E.B., Sousa-Silva, J.C. (2009) Araçás do gênero *Psidium*: principais espécies, ocorrência, descrição e usos.
- Franzon, R.C., Sousa-Silva, J.C. (2018) *Araçá, Psidium spp.* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 28p.
- Furness, C.A., Rudall, P.J. (2010) Pollen and anther characters in monocot systematics. *Grana* 40: 17–25.
- Furness, C.A., Rudall, P.J. (2004) Pollen aperture evolution – a crucial factor for eudicot success ?. *Elsevier* 9: 5.
- Gasparino, E.C., Cruz-Barros, M.A. V. (2006) Palinologia. In: Inst. Botânica. http://www.biodiversidade.pgibt.ibot.sp.gov.br/Web/pdf/Palinologia_Eduardo_

G%0Aasparino.pdf. Accessed 22 Apr 2020

- Gomes, V.M., Ribeiro, R.M., Viana, A.P., de Souza, R.M., Santos, E.A., Rodrigues, D.L., de Almeida, O.F. (2017) Inheritance of resistance to *Meloidogyne enterolobii* and individual selection in segregating populations of *Psidium* spp. *Eur J Plant Pathol* 148: 699–708.
- Gomes, V.M., Souza, R.M., da Silveira, S.F., Almeida, A.M. (2013) Guava decline: Effect of root exudates from *Meloidogyne enterolobii*-parasitized plants on *Fusarium solani* in vitro and on growth and development of guava seedlings under controlled conditions. *Eur J Plant Pathol* 137: 393–401.
- Gomes, V.M., Souza, R.M., Mussi-Dias, V., Silveira, S.F. da., Dolinski, C. (2011) Guava decline: A complex disease involving *Meloidogyne mayaguensis* and *Fusarium solani*. *J Phytopathol* 159: 45–50.
- Hesse, M., Waha, M. (1989) A new look at the acetolysis method. 147–152p.
- Hister, C.A.L., Tedesco, S.B. (2016) Estimativa da viabilidade polínica de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sabine) através de distintos métodos de coloração. *Rev Bras Plantas Med* 18: 135–141.
- IBGE. (2019) Produção Agrícola Municipal. In: Inst. Bras. Geogr. e Estatística [IBGE]. Banco dados Agreg. produção agrícola Munic. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457#resultado>. Accessed 3 Feb 2021
- ICMBio, I.C.M. de C. da B. (2014) Levantamento das espécies da família Myrtaceae no Parque Nacional do Itatiaia. *Inst Chico Mendes Conserv da Biodivevrsidade* 1–7.
- INMET. (2021) Instituto Nacional de Meteorologia. In: INMET. <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Accessed 24 Mar 2021
- Iversen, J., Troels-Smith, J. (1950) Pollen morfologiske definitioner of typer Danmarks Geol. *Unders* 3: 27–52.
- Kailas, J.G., Ramakrishna, H., Seetharam, D. (2016) Diversity in Syncolpate Pollen of Arborescent Taxa in Karimnagar District, Telangana State, India. *Res J Pharm Biol Chem Sci* 7: 771.
- Kosera Neto, C. (2018) BIOLOGIA FLORAL E REPRODUTIVA DE

- ARAÇAZEIROS (*Psidium* sp.) TESE. 187p.
- Kuprianova, L.A. (1966) APERTURES OF POLLEN GRAINS AND THEIR EVOLUTION IN ANGIOSPERMS. *Rev Palaeobot Palynol* 3: 73–80.
- Lisboa, G.N., Kinupp, V.F., De Barros, I.B.I. (2011) *Psidium cattleianum*, Araçá. In: *Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial Plantas para o Futuro - Região Sul*. p. 205–208
- Loguercio, A.P., Battistin, A. (2004) MICROSPOROGENESIS OF NINE ACCESS OF *SYZYGIUM CUMINI* (L.) SKEELS) MYRTACEAE FROM RIO GRANDE DO SUL – BRAZIL. *Rev da Fac Zootec Veterinária e Agron - FZVA* 11: 95–106.
- Luo, Y., Lu, L., Wortley, A.H., Li, D.Z., Wang, H., Blackmore, S. (2015) *Evolution of Angiosperm Pollen. 3. Monocots*. 406–455p.
- Manica, I. (2002) *Frutas nativas, silvestres e exóticas 2: técnicas de produção e mercado: feijoa, figo-da-índia, fruta-pão, jaca, lichia, mangaba*. 541p.
- Martins, K.C. (2010) PALINOLOGIA DE *Capsicum* spp.: CARACTERIZAÇÃO, DIVERGÊNCIA GENÉTICA E VIABILIDADE POLÍNICA. 124p.
- Miranda, G.B., Souza, R.M. De., Gomes, V.M., Ferreira, T. de F., Almeida, A.M. (2012) Avaliação de acessos de *Psidium* spp. quanto à resistência a *Meloidogyne enterolobii*. *Bragantia* 71: 52–58.
- Muniz, H.J.T. (2019) *Colecionando Frutas, volume 2*. 1.ed. Campina do Monte Alegre - SP: Projeto Colecionando Frutas, 348p.
- Nacata, G., Belonsi, T.K., Gasparino, E.C., de Andrade, R.A. (2019) Pollen morphology and availability of pollen and stigma in *Syzygium* (Myrtaceae). *Rev Bras Frutic* 41: 1–10.
- Nascimento, A.S., Carvalho, C.A.L. (2019) Pollen morphology of Myrtaceae visited by social bees. *Plant Sci Today* 6: 98–105.
- Oliveira, P.G. de., Queiróz, M.A. de., Castro, J. da C. e., Ribeiro, J.M., Oliveira, R.S. de., Silva, M.J.L. da. (2019) REACTION OF *Psidium* spp . ACCESSIONS TO DIFFERENT LEVELS OF INOCULATION WITH *Meloidogyne enterolobii* 1. *Rev Caatinga* 32: 419–428.

- Oliveira, M.L.F. (2018) Aspectos reprodutivos da goiabeira (*Psidium guajava*) e de araçazeiros (*Psidium guineense* e *Psidium cattleianum*) visando ao desenvolvimento de cultivares. 110p.
- Paiva, C.L., Viana, A.P., Santos, E.A., Freitas, J.C.O., do Amaral Junior, A.T. (2016) Genetic gain estimated by different selection criteria in guava progenies. *Bragantia* 75: 418–427.
- Pereira, F.M., Carvalho, C.A., Nachtigal, J.C. (2003) Século XXI: nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade. *Rev Bras Frutic* 25: 498–500.
- Pereira, F.M., Kavati, R. (2011) Contribuição da Pesquisa Científica Brasileira no Desenvolvimento de Algumas Frutíferas de Clima Subtropical. *Rev Bras Frutic Especial*: 092–108.
- Pereira, F.M., Nachtigal, J.C. (2003) Tecnologia e mercado. *In: Melhoria da goiabeira*. p. 53–78
- Pereira, K.C., Soares, P.L.M., Santos, J.M. dos., Batista, E.S. de P., Junior, W.M., Luiz, P., Soares, M., Maia, J. (2016) Desenvolvimento de cultivares de goiabeira inoculadas com *Meloidogyne enterolobii*. *Nematropica* 46: 54–59.
- Pessanha, P.G. de O., Viana, A.P., do Amaral, A.T., de Souza, R.M., Teixeira, M.C., Pereira, M.G. (2011) Avaliação da diversidade genética em acessos de *Psidium* spp. via marcadores rapd. *Rev Bras Frutic* 33: 129–136.
- Pierce, N.B., Simpson, M.G. (2009) Polyaperturate pollen types and ratios of heteromorphism in the monocot genus *Conostylis* (Haemodoraceae). *Aust Syst Bot* 22: 16–30.
- Pire, S.M., Dematteis, M. (2007) Pollen aperture heteromorphism in *Centaurium pulchellum* (Gentianaceae). *Grana* 46: 1–12.
- Plá Júnior, M.A., Côrrea, M.V.G., Macedo, R.B., Cancelli, R.R., Bauermann, S.G. (2006) *Grãos de Pólen: Usos e Aplicaç.* 25p.
- Pommer, C. V., Murakami, K.R.N. (2009) Breeding guava (*Psidium guajava* L.). *In: Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. p. 83–120
- Pozzobon, M.T., de Souza, K.R.R., de Carvalho, S.I.C., Reifschneider, F.J.B. (2011) Meiose e viabilidade polínica em linhagens avançadas de pimenta.

Hortic Bras 29: 212–216.

- Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S., Le Thomas, A. (2007) Glossary of pollen and spore terminology. *Rev Palaeobot Palynol* 143: 1–81.
- Quintal, S.S.R., Viana, A.P., Campos, B.M., Vivas, M., Júnior, A.T.D.A. (2017) Analysis of structures of covariance and repeatability in guava segregating population. *Rev Caatinga* 30: 885–891.
- Ramalho, M. (1973) Glossário Resumido.
- Raseira, M. do C.B., Antunes, L.E.C., Trevisan, R., Gonçalves, E.D. (2004) Espécies Frutíferas Nativas do Sul do Brasil. Pelotas, RS 124p.
- Ribeiro, R.M., Gomes, V.M., Viana, A.P., Souza, R.M. da., Dos Santos, P.R. (2019) Selection of interspecific *Psidium* spp. Hybrids resistant to *Meloidogyne enterolobii*. *Acta Sci - Agron* 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. de., Campos, G.S. (2012) Subenxertia da goiabeira “Paluma” com araçazeiros resistentes a *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*). *Rev Bras Frutic* 34: 951–955.
- Rocha, L.D., Preussler, K.H., Pegorini, F., De Farias, V., Maranhão, L.T. (2008) Estudo anatômico comparativo da casca do caule do araçá-amarelo e araçá-vermelho, *Psidium cattleyanum* Sabine, Myrtaceae. 1114–1122p.
- Roubik, D.W. (2018) *The pollination of cultivated plants: A compendium for practitioners*. 266p.
- Santos, C.F. de O. (1963) Características morfológicas dos Grãos de Pólen das principais Plantas Apícolas. *An da Esc Super Agric Luiz Queiroz* 20: 175–228.
- Santos, R.M., Viana, A.P., Santos, E.A., de Souza, R.M., de Almeida, O.F., Gomes, V.M., Rodrigues, D.L., dos Santos, P.R. (2020) Genetic structuring of segregating populations of *Psidium* spp resistant to the southern root-knot nematode by Bayesian approach as basis for the guava breeding program. *An Acad Bras Cienc* 92: 1–18.

- Soares-Silva, L.H., Proença, C.E.B. (2008) A new species of *Psidium* . (Myrtaceae) from southern Brazil. *Bot J Linn Soc* 158: 51–54.
- Sobral, M., Proença, C., Souza, M., Mazine, F., Lucas, E. (2015) Myrtaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. In: Jard. Botânico do Rio Janeiro. <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB171>. Accessed 20 Apr 2020
- Soler, J.B., Nolla, J.M.R. (2002) Introducción. In: *Polinosis: Polen y Alergia*. p. 158 158
- Souza, M.M., Pereira, T.N.S., Martins, E.R. (2002) Microsporogênese e microgametogênese associadas ao tamanho do botão floral e da antera e viabilidade polínica em maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener). *Ciênc agrotec* 26: 1209–1217.
- Souza, S.A.M. (2012) Fenologia Reprodutiva, Germinação de Sementes e Morfologia Polínica em *Passiflora* spp. 183p.
- Stanski, C. (2014) Catálogo polínico de espécies de Myrtaceae e Solanaceae da Região dos Campos Gerais - Paraná, Brasil. 180p.
- Thornhill, A.H., Hope, G.S., Craven, L.A., Crisp, M.D. (2012) Pollen morphology of the Myrtaceae. Part 4: tribes Kanieae, Myrteae and Tristanieae. *Aust J Bot* 60: 260–289.
- Tuler, A.C., da Silva, T., Carrijo, T.T., Garbin, M.L., Mendonça, C.B.F., Peixoto, A.L., Gonçalves-Esteves, V. (2017) Taxonomic significance of pollen morphology for species delimitation in *Psidium* (Myrtaceae). *Plant Syst Evol* 303: 317–327.
- Vasconcelos, L.C., de Souza Santos, E., de Oliveira Bernardes, C., da Silva Ferreira, M.F., Ferreira, A., Tuler, A.C., Carvalho, J.A.M., Pinheiro, P.F., Praça-Fontes, M.M. (2019) Phytochemical analysis and effect of the essential oil of *Psidium* species on the initial development and mitotic activity of plants. *Environ Sci Pollut Res* 26: 26216–26228.