UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA, MORFOLÓGICA E METABOLÔMICA DE ACESSOS DE GUABIJUZEIROS [*Myrcianthes pungens* (O. Berg.) D. Legrand.]

Rodrigo Areze da Silva Santos
Engenheiro Agrônomo/ULBRA
Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia
Área de Concentração em Recursos genéticos, biotecnologia e melhoramento vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil
Setembro de 2025

CIP - Catalogação na Publicação

SANTOS, RODRIGO AREZE DA SILVA
CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA, MORFOLÓGICA E METABOLÔMICA DE ACESSOS DE GUABIJUZEIROS [Myrcianthes pungens (O. Berg.) D. Legrand.] / RODRIGO AREZE DA SILVA SANTOS. -- 2025.
131 f.
Orientador: SERGIO FRANCISCO SCHWARZ.

Coorientadora: MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA SILVA.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, , Porto Alegre, BR-RS, 2025.

1. Frutas nativas do Brasil. 2. Recursos genéticos. 3. Família Myrtaceae. 4. Compostos bioativos. 5. Molecular. I. SCHWARZ, SERGIO FRANCISCO, orient. II. SILVA, MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

RODRIGO AREZE DA SILVA SANTOS
Engenheiro Agrônomo - ULBRA
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

TESE

Submetida como parte dos requisitos

para obtenção do Grau de

DOUTOR EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia

Faculdade de Agronomia

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 03/10/2025
Pela Banca Examinadora

SERGIO FRANCISCO SCHWARZ
Orientador
UFRGS

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia

MAGNÓLIA APARECIDA SILVA DA SILVA
Coorientadora
UFRGS

CACIARA GONZATTO MACIEL
UFRGS

DIVANILDE GUERRA
UERGS

ROSA LIA BARBIERI
EMBRAPA CLIMA TEMPERADO

PAULO VITOR DUTRA DE SOUZA
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força, coragem e saúde concedidas ao longo desta jornada. Foi Ele quem me sustentou nos momentos difíceis e permitiu que este sonho se tornasse realidade, trazendo alegria aos meus pais e a todos que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste trabalho.

Dedico esta tese à minha mãe, Marlene Areze da Silva Santos (*in memoriam*), cuja memória permanece como fonte constante de inspiração e amor. Dedico ao meu pai, Gilberto Barcelos, à minha irmã, Michele Areze, à minha tia, Janice Barcelos, a minha sobrinha Esther, aos meus avós (*in memoriam*) e a toda minha família, que sempre acreditaram em mim e não mediram esforços para apoiar minha trajetória acadêmica.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), expresso minha gratidão pelo ensino de excelência e pela estrutura oferecida. Agradeço à Faculdade de Agronomia e Zootecnia, à direção, à administração e a todo o corpo docente, que desempenham seu trabalho com dedicação exemplar.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sergio Francisco Schwarz e minha coorientadora, Profª Drª Magnólia Aparecida Silva da Silva, agradeço a vocês pela orientação precisa, pela atenção constante, pela contribuição inestimável à minha formação profissional. Serei eternamente grato pelos conselhos, pela generosidade e por todo apoio nessa jornada.

Agradeço também ao Prof. Dr. Eliseu Rodrigues, à Msa Carolina Feistauer Gomes e à Msa Caroline Carboni Martins, do Laboratório de Compostos Fenólicos do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA/UFRGS), ao Prof. Dr. Valdir Marcos Stefenon, ao Dr. Dalvan Carlos Beise e ao Dr. Tales Poletto, do Laboratório de Fisiologia do Desenvolvimento e Genética Vegetal (LFDGV) da UFSC, pelo suporte técnico e científico, pela colaboração e pelo compartilhamento de conhecimento.

Ao Prof. Dr. Mateus Pereira Gonzatto, sou grato pelas ideias e sugestões que enriqueceram este trabalho. Estendo meus agradecimentos aos demais professores do

Programa de Pós-graduação em Fitotecnia da UFRGS, cuja excelência acadêmica contribuiu significativamente para minha formação.

Ao GOPS (Grupo de Orientados pelo Professor Sergio), minha sincera gratidão pela amizade, acolhida e apoio durante os experimentos. Luiz, Leo Piva, Pedro, Leonardo, Sabrina, Bruno, Vinicius, Graziela, Gerson, Eduarda, Bibiana, Alexia e demais colegas: muito obrigado por cada momento compartilhado. Aos demais colegas e amigos que estiveram presentes ao longo desses anos, nos diversos espaços acadêmicos, minha gratidão pela convivência e pelo companheirismo.

À Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS, setor de Horticultura e Silvicultura, agradeço pela oportunidade de aprendizado e pela realização dos experimentos. Aos funcionários da EEA, em especial Vilmar e Cassiano, sou grato pelo auxílio nas atividades e pela manutenção do pomar de estudo. Agradeço também aos funcionários do Departamento de Horticultura e Silvicultura (DHS), Vinicius e Christopher, e aos técnicos laboratoristas do Departamento de Plantas de Lavoura (DPLV), Gustavo e Bruno, pelo suporte nas atividades práticas. À equipe de segurança e portaria da FAGRO e da EEA, agradeço pela gentileza e pelo cuidado diário.

Ao programa CAPES, que me concedeu bolsa de estudos e tornou possível minha formação, registro meu reconhecimento e agradecimento.

Aos membros da banca examinadora, agradeço sinceramente pela generosidade em dedicar seu tempo, atenção à leitura e avaliação deste trabalho, cujas contribuições foram de grande valor para o seu aprimoramento.

A todos que torceram por mim: meu muito obrigado!

CARACTERIZAÇÃO GENÉTICA, MORFOLÓGICA E METABOLÔMICA DE ACESSOS DE GUABIJUZEIROS [*Myrcianthes pungens* (O. Berg.) D. Legrand.][1]

Autor: Rodrigo Areze da Silva Santos
Orientador: Prof. Sergio Francisco Schwarz
Coorientadora: Prof.ª Magnólia Aparecida Silva da Silva

RESUMO

O guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens*), pertencente à família Myrtaceae, é uma espécie frutífera nativa da Região Sul do Brasil, com reconhecido potencial alimentício e econômico. Este estudo teve como objetivos caracterizar os acessos de guabijuzeiro pertencentes a coleção de trabalho da UFRGS: (i) propondo uma lista de descritores; (ii) realizar a caracterização química dos frutos, avaliando diferenças entre os acessos nos teores de compostos fenólicos totais (CFT), taninos condensados (proantocianidinas) e antocianinas monoméricas totais; (iii) analisar a variabilidade genética por meio de marcadores moleculares AFLP; e (iv) avaliar o desempenho produtivo, o desenvolvimento vegetativo e o espaçamento ideal de plantio. O estudo foi conduzido entre 2021 e 2024 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em Eldorado do Sul (RS), utilizando folhas, frutos e avaliações em plantas da coleção. Os descritores morfológicos foram definidos a partir de caracteres da parte aérea capazes de distinguir os indivíduos, abrangendo parâmetros da planta como um todo e de órgãos específicos (folhas, frutos e sementes). A quantificação de CFT, proantocianidinas e antocianinas foi realizada, respectivamente, pelos métodos Folin-Ciocalteu, vanilina e pH diferencial. Para a análise molecular, folhas jovens foram utilizadas na extração de DNA. Posteriormente por meio da técnica PCR foi realizada a genotipagem com marcadores AFLP. Para avaliar o desempenho produtivo e vegetativo, foram analisadas 15 plantas: 12 de quatro acessos (G04, G08, G11 e G16) propagados por sementes e três do acesso G17, propagado por estaquia. Foram mensurados altura da planta, diâmetro de copa, índice de formato de copa, volume nominal da copa, espaçamento e densidade de plantio, além de massa total de frutos por planta e eficiência produtiva. Os resultados indicaram variações morfológicas nos caracteres avaliados, especialmente no formato de copa, folhas, frutos e sementes. Na avaliação dos compostos fenólicos, houve diferenças significativas nos teores de CFT (410 ± 48 a 968 ± 16 mg EAG.100 g^{-1}), com destaque para G03 e G14; nas antocianinas (170 ± 30 a 588 ± 16 mg.100 g^{-1}), com maior valor em G02; e nas proantocianidinas (1523 ± 58 a 4708 ± 528 mg EC.100 g^{-1}), também com destaque para G02. Para a análise molecular, os marcadores AFLP mostraram-se eficientes na detecção de polimorfismos entre e dentro dos acessos e permitiu a formação de grupos distintos a partir da análise de agrupamento. A divergência genética foi 9 % entre acessos e 91 % dentro destes, indicando maior variabilidade dentro do que entre os acessos de *M. pungens*. Por fim, plantas propagadas por sementes apresentaram maior produção de frutos e menor período de juvenilidade, enquanto as obtidas por estaquia exibiram porte de planta reduzido com menor diâmetro de copa. O acesso G08 destacou-se pelo rendimento de frutos, maior eficiência produtiva e copa de tamanho intermediário, sendo promissor para programas de seleção e melhoramento. Recomenda-se espaçamento de 6,0 × 3,5 m visando otimizar o desempenho produtivo da espécie.

[1] Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (131f.) Setembro, 2025.

GENETIC, MORPHOLOGICAL AND METABOLOMIC CHARACTERIZATION OF GUABIJU TREE ACCESSIONS [*Myrcianthes pungens* (O. Berg.) D. Legrand.][1]

Author: Rodrigo Areze da Silva Santos
Adviser: PhD. Sergio Francisco Schwarz
Co-Adviser: PhD. Magnólia Aparecida Silva da Silva

ABSTRACT

The guabiju tree (*Myrcianthes pungens*), belonging to the Myrtaceae family, is a fruit species native to southern Brazil, with recognized food and economic potential. This study aimed to characterize the guabiju tree accessions belonging to the UFRGS germplasm bank: (i) proposing a list of descriptors; (ii) performing the chemical characterization of the fruits, evaluating differences among the 17 accessions regarding the levels of total phenolic compounds (TPC), condensed tannins (proanthocyanidins), and total monomeric anthocyanins; (iii) analyzing genetic variability through AFLP molecular markers; and (iv) evaluating productive performance, vegetative development, and optimal planting spacing. The study was conducted between 2021 and 2024 at the at the Agronomic Experimental Station of UFRGS, in Eldorado do Sul, RS, Brazil, using leaves, fruits, and plant evaluations from the germplasm bank. The morphological descriptors were defined based on aerial part characters capable of distinguishing individuals, covering parameters of the whole plant and specific organs (leaves, fruits, and seeds). The quantification of TPC, proanthocyanidins, and anthocyanins was performed, respectively, by the Folin-Ciocalteu, vanillin, and differential pH methods. For the molecular analysis, young leaves were used for DNA extraction. Subsequently, through the PCR technique, genotyping with AFLP markers was performed. To evaluate productive and vegetative performance, 15 plants were analyzed: 12 from four accessions (G04, G08, G11, and G16) propagated by seeds and three from accession G17, propagated by cuttings. Plant height, canopy diameter, canopy shape index, nominal canopy volume, planting spacing and density, as well as total fruit mass per plant and production efficiency were measured. The results indicated morphological variations in the evaluated characters, especially in the canopy shape, leaves, fruits, and seeds. In the evaluation of phenolic compounds, significant differences were found in TPC levels (410 ± 48 to 968 ± 16 mg EAG.100 g^{-1}), with emphasis on G03 and G14; in anthocyanins (170 ± 30 to 588 ± 16 mg.100 g^{-1}), with the highest value in G02; and in proanthocyanidins (1523 ± 58 to 4708 ± 528 mg EC.100 g^{-1}), also with emphasis on G02. For molecular analysis, AFLP markers proved effective in detecting polymorphisms between and within accessions and allowed the formation of distinct groups based on the clustering analysis of the accessions. Genetic divergence was 9% between accessions and 91% within them, indicating greater variability within than between *M. pungens* accessions in the germplasm bank. Finally, plants propagated by seeds showed higher fruit production and a shorter juvenility period, while those obtained by cuttings exhibited reduced plant size with smaller canopy diameter. Accession G08 stood out for its high fruit yield, greater production efficiency, and intermediate canopy size, being promising for selection and breeding programs. A spacing of 6.0 × 3.5 m is recommended to optimize productive performance.

[1]Doctoral Thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (131p.) September, 2025.

SUMÁRIO

Página
1 INTRODUÇÃO 1
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA..... 6
2.1 Familia Myrtaceae.....6
2.1.1 O guabijuzeiro [*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand].....6
2.2 Conservação do germoplasma nativo..... 12
2.3 Caracterização e avaliação de recursos genéticos..... 13
2.3.1 Descritores morfológicos..... 14
2.3.2 Caracterização e avaliação morfoagronômica.....16
2.3.3 Caracterização bioquímica.....16
2.3.4 Caracterização molecular.....19
2.3.4.1 Marcadores AFLP.....20
2.4 Estrutura da tese..... 21
2.5 Referências bibliográficas.....22
3 ARTIGO 1 - Proposta de lista de descritores morfológicos para o guabijuzeiro [*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand]..... 30
3.1 Introdução.....32
3.2 Material e Métodos.....35
3.3 Resultados e Discussão.....37
3.4 Conclusões.....47
3.5 Referências..... 47
4 ARTIGO 2 - Compostos fenólicos em frutos de acessos de guabijuzeiro [*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand]..... 51
4.1 Introdução.....53
4.2 Material e Métodos.....56
4.2.1 Obtenção das amostras.....56
4.2.2 Aanálise de compostos fenólicos totais.....57
4.2.3 Análise de proantocianidinas.....58

Página

4.2.4 Análise de antocianinas monoméricas totais....59
4.2.5 Análise estatística....59
4.3 Resultados e Discussão....60
4.4 Conclusões....67
4.5 Referências....67
5 ARTIGO 3 - Avaliação da variabilidade genética de acessos de guabijuzeiros [*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand] por meio de marcadores moleculares AFLP....73
5.1 Introdução....75
5.2 Material e Métodos....77
5.2.1 Amostras....77
5.2.2 Extração do DNA....79
5.2.3 Amplificação do DNA via PCR....80
5.2.4 Análise de dados....81
5.3 Resultados....82
5.4 Conclusões....90
5.5 Referências....91
6 ARTIGO 4 - Produção de frutos e desenvolvimento vegetativo do guabijuzeiro [*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand]....95
6.1 Introdução....97
6.2 Material e Métodos....98
6.3 Resultados e Discussão....101
6.4 Considerações Finais....108
6.5 Referências....108
7 CONCLUSÕES GERAIS....111
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS....113
9 APÊNDICES....116

1 INTRODUÇÃO

Reconhecido mundialmente por sua riqueza biológica, o Brasil abriga uma das maiores diversidades genéticas de espécies silvestres, resultado da complexa interação entre seus variados biomas e condições ambientais. Apesar desse potencial, a pesquisa científica voltada para os recursos genéticos ainda apresenta limitações significativas, o que contribui para a contínua dependência de material genético externo (Hirdes, 2025; Pirola, 2013).

Nos últimos anos, observou-se avanço expressivo nas atividades de caracterização e avaliação genética, especialmente em espécies de reconhecida importância econômica. Entretanto, essa tendência não se estende de forma equitativa às espécies nativas subutilizadas. A escassez de dados sobre essas espécies evidencia a necessidade urgente de ampliar as ações de pesquisa e conservação voltadas à sua valorização (Abreu *et al*., 2022). O Brasil detém elevado potencial para o aproveitamento estratégico de sua biodiversidade, com aplicações promissoras nas áreas de alimentação, saúde e desenvolvimento de fármacos (Ridgen & Cavalcanti, 2002). O fortalecimento da pesquisa nacional sobre recursos genéticos é, portanto, essencial para reduzir a dependência externa e promover o uso sustentável da diversidade biológica brasileira.

Historicamente, a introdução de espécies exóticas por imigrantes resultou na sobreposição das práticas agrícolas tradicionais dos povos indígenas, levando à marginalização de espécies nativas. Esse processo foi intensificado pela escassez de conhecimento sobre o cultivo e os benefícios dessas espécies (Pirola, 2013).

Na Região Sul, esse fenômeno foi particularmente marcante. A ocupação territorial por imigrantes europeus promoveu a disseminação de cultivos exóticos, como centeio, aveia e diversas frutíferas como as videiras, macieiras, pereiras, ameixeiras e pessegueiros, que, até hoje, são explorados em larga escala, em detrimento da flora nativa (Coradin *et al*., 2011).

Embora a maior riqueza em espécies frutíferas nativas brasileiras se encontre na Amazônia e no Cerrado, a região Sul também possui uma grande diversidade de espécies que não ficam atrás em sabor e potencialidade de uso (Raseira *et al*., 2004). No Sul do Brasil existe uma grande diversidade de frutíferas nativas da Família Myrtaceae, dentre as quais destacam-se o araçazeiro (*Psidium cattleyanum* Sabine), a goiabeira-serrana (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret), a pitangueira (*Eugenia uniflora* L.), a cerejeira-do-rio-grande (*Eugenia involucrata* DC.), o guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand), a uvaieira (*Eugenia pyriformis* Cambess.) e a guabirobeira (*Campomanesia xanthocarpa* O. Berg).

As espécies nativas que possuem potencial e estão sendo estudadas e trabalhadas atualmente, ainda necessitam passar por um processo de domesticação, a fim de que estas tenham condições de serem inseridas na matriz agrícola comercial. As espécies vegetais que hoje são cultivadas gerando alimento, renda e emprego, também foram silvestres um dia e correspondiam a um sistema extrativista. Posteriormente, com a sua domesticação e com conhecimento da pesquisa, vieram integrar um sistema de produção (Raseira *et al*., 2004).

O crescente interesse da sociedade por alimentos saudáveis, nutritivos e diferenciados tem impulsionado a valorização da biodiversidade, especialmente nas políticas públicas e nos programas voltados à pesquisa, desenvolvimento e inovação. Nesse cenário, as espécies nativas passam a ocupar posição de destaque, não apenas pelas suas qualidades nutricionais, mas também pelo potencial que apresentam na geração de renda para pequenos produtores, contribuindo para o fortalecimento da agricultura familiar e a promoção do desenvolvimento sustentável.

Além de proporcionarem sabores únicos e atenderem às exigências de um mercado em constante expansão, as frutas nativas vêm conquistando espaço crescente na elaboração de produtos como geleias, iogurtes, licores e sorvetes, o que contribui para a ampliação de sua participação no setor alimentício (Raseira *et al*., 2004; Gomes *et al*., 2007). Simultaneamente, essas espécies têm despertado o interesse da indústria farmacêutica, em virtude da presença de compostos bioativos, como antioxidantes, vitaminas e óleos essenciais, encontrados em diferentes partes das plantas, reforçando seu potencial multifuncional e seu valor agregado.

As frutíferas nativas desempenham papel estratégico na conservação da biodiversidade, por estarem fortemente associadas aos remanescentes mais preservados

de florestas e demais ecossistemas. Nesse contexto, a valorização local dessas espécies revela-se não apenas necessária, mas também urgente, diante dos desafios ambientais e socioeconômicos contemporâneos. Em pequenas e médias propriedades rurais, o cultivo de frutíferas nativas pode representar uma alternativa economicamente viável a médio e longo prazo, ao ocupar áreas menos produtivas, promover a diversificação de culturas e preservar elementos socioculturais vinculados ao território (Barbieri *et al*., 2012; Gomes *et al*., 2007).

Dessa maneira, as frutíferas nativas da região, já adaptadas ao clima, vêm sendo caracterizadas, conservadas e trabalhadas em programas com foco nos recursos genéticos, aumentando a valorização da biodiversidade (Coradin *et al.,* 2011; Barbieri *et al.,* 2012). Atualmente, destacam-se os trabalhos executados pela Embrapa Clima Temperado, pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS, Faculdade de Agronomia, Faculdade de Farmácia e Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos), pela Universidade de Passo Fundo (UPF), pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pela Universidade Federal de Pelotas (UFPel), pela extinta Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), que atuam na região Sul do Brasil.

Entre os anos de 2010 e 2014, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em parceria com outras instituições como a UFPel, UPF, Fundação Zoobotânica e Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA) (antiga FEPAGRO) do RS, executou o projeto intitulado *"Potencial de frutíferas nativas do Sul do Brasil: Estudos de bioprospecção para fins fitotécnicos, nutracêuticos e ecológicos em ambientes ripários"*. O principal objetivo da iniciativa foi ampliar o conhecimento básico sobre as espécies de frutíferas nativas da região Sul, abordando aspectos como distribuição geográfica, modo de reprodução, estrutura genética e definição de parâmetros para conservação *ex situ*, com vistas à redução do risco de erosão genética dessas espécies autóctones. Paralelamente, o projeto também visou contribuir para o desenvolvimento econômico e social de produtores rurais e comunidades tradicionais, promovendo a sustentabilidade por meio do uso racional dessas espécies na recuperação de áreas degradadas. Assim, as espécies frutíferas de interesse na pesquisa foram: araçazeiro (*P. cattleyanum*), araçazeiro-do-mato (*Myrcianthes gigantea* (D. Legrand) D. Legrand), cerejeira (*E. involucrata*), goiabeira serrana (*A. sellowiana*), guabijuzeiro (*M. pungens*),

guabirobeira (*C. xanthocarpa*), jabuticabeira (*Plinia trunciflora* (O. Berg) Kausel), pitangueira (*E. uniflora*), uvaieira (*E. pyriformis*), araticum (*Rollinia rugulosa* (Schltdl.) H. Rainer) e butiazeiro (*Butia eriospatha* (Mart. Ex Drude) Becc. e *Butia odorata* (Barb.Rodr.) Noblick. Este projeto, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tem desempenhado um papel fundamental na promoção da pesquisa e na conservação de recursos genéticos. Sua execução possibilitou o desenvolvimento de diversos estudos acadêmicos, incluindo cinco dissertações de mestrado (Santos, 2020; Altmann, 2017; Veit, 2016; Rodríguez, 2013; Lattuada, 2010), quatro teses de doutorado (Wesp, 2014; Lattuada, 2014; Lopes, 2009; Santos, s.d.) e inúmeros artigos científicos. Esses resultados evidenciam a relevância estratégica do projeto para o avanço do conhecimento e para a consolidação de iniciativas voltadas à preservação da biodiversidade.

Apesar dos esforços de diversas instituições voltados ao estudo de espécies nativas, a família Myrtaceae ainda apresenta significativa lacuna de informações relacionadas à morfologia, produção, manejo, bem como às características fisiológicas e fenológicas. Esses aspectos são essenciais para a descrição e caracterização dos diferentes genótipos existentes, sendo imprescindíveis para a incorporação dessas espécies na matriz comercial e para a conservação dos recursos genéticos.

Nesse contexto, o presente estudo também alinha-se com alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU). Ao propor a conservação da agrobiodiversidade e o uso sustentável de frutíferas nativas, a pesquisa contribui para a valorização de recursos genéticos pouco explorados e fortalece estratégias de desenvolvimento sustentável. As análises metabolômicas realizadas evidenciam o potencial nutracêutico dos frutos, que podem ser utilizados tanto *in natura* quanto em diferentes produtos alimentícios. Essa versatilidade abre caminho para alternativas saudáveis e sustentáveis na indústria, em consonância com o ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável. Além disso, a integração dessa espécie em sistemas agroflorestais (SAF's) fortalece a agricultura familiar, estimula práticas produtivas responsáveis e favorece a recuperação de áreas degradadas, atendendo aos ODS 8 - Trabalho Decente e Crescimento Econômico e ODS 12 - Consumo e Produção Responsável. De forma complementar, o uso estratégico de recursos genéticos nativos aumenta a resiliência dos sistemas produtivos frente às mudanças climáticas,

contribuindo para o ODS 13 - Ação Contra a Mudança Global do Clima. Ao mesmo tempo, promove a preservação da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, incluindo aplicações na agricultura urbana, em alinhamento com o ODS 15 - Vida Terrestre.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral ampliar o conhecimento genético, agronômico e nutricional sobre a cultura do guabijuzeiro, por meio da caracterização dos acessos da coleção de trabalho de guabijuzeiro da UFRGS nas condições edafoclimáticas da Depressão Central do RS, mantidos na coleção de frutíferas nativas da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Como objetivos específicos podem ser elencados:

1) Caracterizar as folhas, flores e frutos, propondo descritores morfológicos e agronômicos para a espécie.
2) Avaliar a variabilidade genética de acessos de guabijuzeiros da coleção de trabalho da UFRGS provenientes de diferentes municípios do Rio Grande do Sul, utilizando marcadores moleculares AFLP.
3) Investigar as propriedades nutracêuticas dos frutos, com foco nos compostos fenólicos, por meio de estudos metabolômicos.
4) Identificar acessos com características agronômicas promissoras, visando sua aplicação em programas de melhoramento genético e cultivo comercial.

Hipóteses

a) Os frutos de guabijuzeiro apresentam valores nutricionais que valorizam sua comercialização;
b) A caracterização morfológica permite a discriminação entre os fenótipos, fornecendo as primeiras estimativas de variabilidade (diversidade) dentro da coleção de trabalho.
c) Existe variabilidade genética significativa na coleção de trabalho da UFRGS para os caracteres avaliados, passíveis de serem explorados em programas de melhoramento genético para a espécie.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Família Myrtaceae

A família Myrtaceae destaca-se como uma das mais relevantes entre as Angiospermas, apresentando ampla distribuição pantropical. Os principais centros de diversidade encontram-se na Austrália, no sudeste asiático e na América tropical (Wilson *et al*., 2001). Taxonomicamente, a família está organizada em duas subfamílias: Psiloxyloideae (Croizat) Schmid, composta por dois gêneros africanos, e Myrtoideae Sweet, que reúne 15 tribos e espécies de frutos carnosos, incluindo todos os gêneros americanos, com exceção do gênero monoespecífico chileno *Tepualia* Griseb (Wilson *et al*., 2005). Atualmente, a Família Myrtaceae compreende cerca de 130 gêneros e aproximadamente 5.700 espécies em nível global (WCSP, 2017). No Brasil, esse número é expressivo, com o registro de 29 gêneros e cerca de 1.223 espécies, evidenciando a importância da família para a flora nacional (FLORA DO BRASIL, 2026).

A maioria dos gêneros de frutos comestíveis, como *Acca*, *Eugenia*, *Myrcia*, *Myrciaria*, *Myrcianthes*, *Myrtus*, *Rhodomyrtus*, *Psidium*, *Syzygium* fazem parte da subfamília Myrtoideae (Mitra *et al*., 2012).

2.1.1. **O guabijuzeiro [*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand]**

A espécie *M. pungens*, pertencente à família Myrtaceae, é conhecida na Região Sul do Brasil pelo nome popular guabiju, embora também receba outras denominações regionais como ibaviú, guabira-guaçú, guabiroba-açu e guavira-guaçu (Lorenzi *et al*., 2006). Essa diversidade de nomes reflete não apenas a ampla distribuição da espécie, mas também sua importância cultural e ecológica nas comunidades locais. Na linguagem indígena tupi-guarani, o guabiju é referido como *"Ygua-pi-ji"*, que significa "fruto-da-

casca-rija", ou *"yguabijy"*, traduzido como "fruta que se come" (Longhi, 1995), evidenciando o reconhecimento ancestral de suas propriedades alimentares.

O guabijuzeiro é uma árvore perenifólia, de porte médio a grande, geralmente atinge de 12 a 25 m de altura, de crescimento lento e tronco com 30 a 50 cm de diâmetro da altura do peito (DAP) (Gomes *et al*., 2023, Lorenzi *et al*., 2006). Em seu habitat natural é frequente nas florestas semidecíduas de altitude e das bacias dos rios Paraná e Uruguai, de São Paulo até o Rio Grande do Sul (Missio *et a*l., 2023), sendo encontrada em todas as formações florestais, com exceção da Restinga Litorânea brasileira, também é encontrada no Uruguai, Bolívia, Paraguai e Argentina (Wagner Júnior, 2012; Lorenzi *et al*., 2006; Raseira *et al*., 2004). Sua distribuição geográfica é esparsa no RS, ocorre no Planalto Médio, Alto Uruguai, nas Matas da Fralda da Serra Geral e é frequente nas matas de galeria no Oeste do Estado (Longhi, 1995).

Os ramos jovens apresentam pilosidade e são comprimidos, tornando-se glabros com o tempo, o que contribui para a formação de uma copa densa e arredondada. O tronco é levemente áspero, de coloração marrom-acinzentada e aspecto tortuoso, enquanto a casca, de tonalidade pardacenta, exibe ritidoma laminado. O sistema radicular é do tipo pivotante, com raízes vigorosas e profundas, características que conferem à planta alta adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas (Lorenzi, 2016; Longhi, 1995).

As folhas são opostas, pecioladas, simples, elípticas, agudas, coriáceas e permanentes, com coloração verde-escura. Medem entre 3 e 7 cm de comprimento e 1,5 a 5 cm de largura, apresentando pecíolos pubescentes de 4 a 6 mm. Nas folhas jovens, observam-se tricomas branco-acinzentados e a presença de acúleo (espinescência), uma característica marcante para o reconhecimento da espécie (Lorenzi, 2016; Raseira *et al*., 2004).

A floração ocorre entre os meses de outubro e novembro (Santos, 2020), com flores brancas, vistosas e axilares, dispostas em pedúnculos. São hermafroditas, actinomorfas, podendo ocorrer de forma solitária ou agrupadas em racemos com cinco a seis flores. O cálice é tetrâmero, gamossépalo e verde; a corola, também tetrâmera, é dialipétala, branca e de consistência membranácea. Os estames são heterodínamos, dialistêmones e exsertos, com coloração amarelada e deiscência rimosa. O estilete é ereto, e o ovário, bilocular e pluriovular, contém em média 30 óvulos por lóculo (Lorenzi, 2016; Guollo *et al*., 2019; Lorenzi *et al*., 2006; Raseira *et al*., 2004).

Os frutos são bagas pubescentes, com polpa carnosa e casca grossa de forma globosa com aspecto aveludado. Após a maturação, que ocorre em janeiro e fevereiro (Santos, 2020), apresenta cor roxo-escura a preto, contendo de uma a duas sementes reniformes, lisas, esverdeadas e com tegumento fino com 5 mm de diâmetro, aderente ao mesocarpo carnoso. O mesocarpo é branco-amarelado, adocicado, aromático e de baixa acidez (Lorenzi, 2016).

Em estudo sobre a biologia floral realizado por Guollo *et al*. (2019) no estado do Paraná, observou-se que as flores são desprovidas de nectários, sendo o pólen o principal recurso oferecido aos polinizadores. Na caracterização dos visitantes florais, a família *Syrphidae* destacou-se com o maior número de visitas, representando, juntamente com outros representantes da ordem *Diptera*, 48,96 % do total de visitantes registrados. Quanto à autofecundação, a taxa de frutificação efetiva foi de 20 % (Guollo *et al*., 2019). Segundo Fior *et al*. (2010), o guabijuzeiro é uma espécie alógama, o que reforça a importância da interação com polinizadores para o sucesso reprodutivo.

De acordo com estudo realizado por Veit *et al* (2023) no RS, a viabilidade dos grãos de pólen do guabijuzeiro é alta. Em média a viabilidade dos grãos de pólen observada foi de 94,9 %, variando de 87,4 a 99,2 %. Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues *et al*. (2020), onde a viabilidade média dos grãos de pólen para o guabijuzeiro foi de 95,21 %, variando de 86,7 a 98,7 %. Em contraste, Lapa *et al*. (2025) investigaram a viabilidade do pólen da mesma espécie em diferentes concentrações de sacarose, onde os grãos foram coletados de flores em antese, e sua viabilidade foi avaliada com a porcentagem de grãos germinados em meios de cultura contendo 0, 5, 10, 15 e 20 % de sacarose. Os resultados indicaram viabilidade máxima de 57 %, estimada em concentrações superiores ao intervalo testado, com pico aproximado em 22,65 %. Em relação ao período de armazenamento dos grãos de pólen, Guollo *et al*. (2019) constataram a perda de viabilidade dos grãos aos 30 dias, atribuindo ao seu comportamento recalcitrante.

A propagação do guabijuzeiro ocorre por sementes, classificadas como recalcitrantes e fotoblásticas positivas (Souza, 2010; Wielewicki *et al*., 2006; Santos *et al*., 2004). Apesar da baixa tolerância ao armazenamento, Fior *et al*. (2010) demonstraram que sementes coletadas com alta qualidade fisiológica, quando mantidas sob condições controladas de câmara fria (5 ± 1 °C e 80% URA), têm sua viabilidade prolongada por até

oito meses. Guardia *et al*. (2020) observaram que as sementes de *M. pungens* apresentam intolerância à dessecação, mantendo viabilidade apenas até níveis de umidade próximos a 30%, sendo mais adequadamente armazenadas sob temperatura de 10 °C. Complementarmente, Gibbert *et al*. (2019) relataram que sementes de *M. pungens* com alta qualidade inicial, podem ser acondicionadas em sacos plásticos, sob ambiente frio e seco, preservando a viabilidade e o vigor por até dez meses. Os embriões apresentam morfologia eugenóide, caracterizada pelo desenvolvimento dos cotilédones e redução da radícula, que se torna vestigial ou ausente.

Visando acelerar a produção de mudas, Lattuada *et al.* (2019) investigaram o uso de micorrizas arbusculares na fase de formação das mudas, utilizando as espécies *Glomus etunicatum* W. N. Becker & Gerd, *Gigaspora margarita* W. N. Becker & I. R. Hall e *Scutellospora heterogama* (T. H. Nicolson & Gerd.) C. Walker & F. E. Sanders. Os autores avaliaram a emergência e o desenvolvimento inicial das plântulas, concluindo que a simbiose micorrízica é eficaz e contribui para a aceleração do processo de formação das mudas.

Complementarmente, Souza *et al*. (2018) buscaram otimizar a propagação do guabijuzeiro por meio da estaquia. O estudo foi conduzido em casa de vegetação, sob sistema de irrigação por nebulização intermitente, utilizando estacas herbáceas apicais de aproximadamente 6 cm, coletadas de plantas matrizes adultas em campo, durante duas épocas distintas (verão e primavera). Foram testadas diferentes concentrações de ácido 3-indolilbutírico (AIB) (2, 4 e 6 $g.L^{-1}$) e ácido ascórbico (3 $g.L^{-1}$). Os resultados indicaram taxas de enraizamento superiores a 35% para estacas coletadas no verão, sendo o enraizamento independente da aplicação de AIB e ácido ascórbico. Assim, os autores concluíram que *M. pungens* pode ser propagado com sucesso por meio de estaquia, utilizando estacas coletadas no verão em casa de vegetação com sistema de nebulização, sem a necessidade de aplicação de reguladores de crescimento.

Segundo Reitz *et al.* (1983), o guabijuzeiro é uma espécie para programas de recuperação ambiental, indicada para o reflorestamento ao longo das reservas e represas hidroelétricas, pois oferece frutos para a avifauna de maior porte além de sustentação das margens de rios. Essa constatação é corroborada pelo estudo de Battilani *et al*. (2005), que analisou os aspectos fitossociológicos de um trecho de 2.240 metros de mata ciliar ao longo da margem do rio da Prata, no município de Jardim, Mato Grosso do Sul. Nesse

levantamento, foram registrados 89 indivíduos de *M. pungens*, espécie que apresentou o maior Índice de Valor de Importância entre todas as espécies identificadas, evidenciando sua relevância ecológica na composição florística da área estudada.

Na dinâmica sucessional de florestas, *M. pungens* é classificada como espécie secundária tardia, conforme apontado por Longhi (1995) e Jesus *et al*. (2019). Além de seu papel ecológico, destaca-se por seu elevado valor ornamental, sendo amplamente recomendada para arborização urbana, projetos de paisagismo e ações de reflorestamento (Missio *et al*., 2023). Trata-se ainda de uma espécie reputada como melífera, cujas cascas e folhas apresentam propriedades taníferas, conforme descrito por Wolff *et al*. (2009).

Segundo Lorenzi *et al.* (2006), os frutos desta espécie são muito apreciados e consumidos *in natura,* podendo ser utilizados em compostos de bebidas (licores), geleias, doces e picolés. Além disso, investigações recentes têm explorado o potencial do guabiju em formulações de sorvetes (Detoni, 2020). Detoni (2015), relatou que o fruto de guabijuzeiro na versão desidratada (passa de guabiju) apresentou 19,8 % de umidade, resultado considerado satisfatório por estar dentro dos padrões estabelecidos pela legislação para frutos secos (passa: máximo 25 % de umidade), agregando propriedades benéficas a produtos tais como barras de cereais, produção de licor e farinhas para adição em massas. A mesma autora ainda afirmou que o fruto seco apresenta maior potencial antioxidante em relação ao fruto *in natura,* além de melhor aproveitamento integral do fruto.

Quanto ao potencial nutracêutico dos frutos, destaca-se sua elevada concentração de compostos fenólicos, como flavonoides e ácidos fenólicos, os quais conferem significativa atividade antioxidante (Spinelli *et al.,* 2023). Sob o ponto de vista nutricional, trata-se de um fruto rico em potássio, elemento predominante em sua composição. Além disso, apresenta elevados teores de açúcares e sólidos solúveis, associados à baixa acidez, características que lhe conferem sabor adocicado (Dalla Nora *et al*., 2014). Em menores concentrações, também são encontrados minerais como magnésio, cálcio, cobre, ferro, manganês e zinco, tornando o fruto uma relevante fonte natural de energia e micronutrientes essenciais (Detoni *et al*., 2021; Seraglio, 2018).

Diversos estudos têm evidenciado o potencial terapêutico de *M. pungens* (De Oliveira Raphaelli *et al*., 2024). Na medicina popular, suas folhas e casca são tradicionalmente utilizadas no tratamento de gripes e distúrbios gastrointestinais, como

diarreias (Gomes *et al*., 2007), o que já sugere propriedades bioativas relevantes. Em um programa voltado à identificação de espécies frutíferas brasileiras com atividade antinociceptiva (redução na capacidade de perceber a dor), Nesello *et al*. (2016) avaliaram o perfil químico da polpa, casca dos frutos e folhas de *M. pungens*, demonstrando que, especialmente as folhas, apresentam atividade analgésica significativa. Os resultados indicaram que a espécie possui compostos com potencial para desenvolvimento de novos agentes farmacológicos voltados ao controle da dor. Complementarmente, Silveira *et al*. (2011) identificaram nos frutos de *M. pungens* substâncias com capacidade inibitória da enzima acetilcolinesterase (AChE), presentes em todos os estágios de maturação. Essa atividade é análoga à de medicamentos utilizados no tratamento de sintomas de doenças neurodegenerativas, como o Alzheimer, reforçando o valor da espécie como fonte de compostos neuroprotetores. No contexto metabólico, Nora *et al*. (2014) investigaram o efeito antioxidante e protetor dos frutos de *M. pungens* e *P. cattleyanum* submetidos à hipercolesterolemia em ratos Wistar (*Rattus norvegicus* Berkenhout). Os resultados demonstraram que o consumo dos frutos promoveu redução nos níveis de glicose, colesterol LDL (incluindo sua forma oxidada) e colesterol total, além de melhora nos parâmetros hepáticos. Além disso, o consumo de guabiju resultou em proteção contra estresse oxidativo causado por cisplatina. Assim, os autores recomendam a inclusão desses frutos em dietas voltadas à prevenção de doenças crônicas.

Esses achados reforçam o potencial multifuncional de *M. pungens*, tanto no contexto farmacológico quanto nutricional, justificando sua investigação aprofundada em programas de caracterização genética, morfológica e bioquímica, com vistas ao melhoramento genético e cultivo comercial.

Embora o guabijuzeiro seja uma espécie nativa de crescente interesse agronômico e ecológico, os registros sobre a ocorrência de pragas e doenças ainda são escassos. Queiroz *et al*. (2014) descreveram o psilídeo *Tuthillia myrcianthis* N. sp., aparentemente monófago em *M. pungens*, cuja infestação provoca deformações foliares e formação de galhas do tipo bolha. Esses danos afetam diretamente o desenvolvimento de folhas e brotações do guabijuzeiro, podendo comprometer a produtividade da planta. No contexto fitopatológico, Santos *et al*. (2022) relataram o primeiro registro de ferrugem causada por *Austropuccinia psidii* em guabijuzeiro no estado do Rio Grande do Sul, identificada por meio de análises morfológicas e moleculares. A partir da avaliação de acessos da coleção

de trabalho de guabijuzeiro em Eldorado do Sul, foi possível identificar diferentes níveis de suscetibilidade ao patógeno, contribuindo para o delineamento de estratégias de manejo e seleção de acessos com maior resistência. Posteriormente, Bernardi *et al*. (2023) confirmaram a ocorrência da mesma doença no estado do Paraná, ampliando o conhecimento sobre a distribuição geográfica do patógeno.

Além dessas ocorrências, Mangone *et al*. (2017), ao conduzirem um estudo na província de Tucumán, Argentina, com o objetivo de identificar fungos associados às folhas de espécies da família Myrtaceae, registraram a ocorrência de diversos microrganismos em indivíduos de guabijuzeiro. Entre os fungos observados, destacam-se *Alternaria* sp. Também foi identificado *Tripospermum myrti* (Lind) S. Hughes, cujo micélio forma uma película escura sobre ambas as superfícies foliares, conhecida como fumagina ou fuligem, resultando em redução da área foliar funcional e, consequentemente, comprometendo a capacidade fotossintética da planta.

2.2. Conservação do germoplasma nativo

A pesquisa voltada aos recursos genéticos desempenha um papel fundamental na conservação da biodiversidade e na compreensão da divergência genética entre espécies com potencial de uso humano. Essa abordagem torna-se ainda mais relevante no contexto das espécies nativas, cuja biologia, morfologia e mecanismos de reprodução permanecem, em grande parte, desconhecidos (Borém & Miranda, 2009; Valls, 2007). A escassez de informações sobre esses aspectos básicos reforça a necessidade de estudos sistemáticos voltados à caracterização, conservação e uso sustentável do germoplasma nativo, contribuindo para estratégias de conservação *in situ* e *ex situ*, além de subsidiar programas de melhoramento genético e domesticação da espécie.

Nesse contexto, o conceito de germoplasma é definido como o conjunto de material genético que compõe o patrimônio hereditário de uma espécie, assume papel central nas iniciativas de conservação, melhoramento genético e aplicações biotecnológicas. Nas últimas décadas, a crescente erosão genética observada nas principais culturas agrícolas tem despertado ampla preocupação na comunidade científica internacional (Nass & Sigrist, 2009). Quando se trata de espécies nativas, essa preocupação torna-se ainda mais crítica, uma vez que a rápida conversão de áreas naturais em sistemas agrícolas, pastagens e zonas urbanas têm provocado alterações profundas

nos ecossistemas originais. Esse processo reduz significativamente a ocorrência de espécies nativas e favorece a introdução de espécies exóticas ou cultivadas, intensificando a erosão genética e comprometendo não apenas a diversidade biológica, mas também o potencial de indivíduos e práticas de cultivo ainda não identificados ou explorados (Carvalho *et al*., 2002).

Diante desse cenário, a conservação do germoplasma nativo transcende a simples preservação de espécies já conhecidas. Trata-se da proteção de um patrimônio genético que pode revelar características agronômicas, ecológicas e econômicas de grande relevância para o avanço da agricultura sustentável. Assim, o estudo e a conservação do germoplasma configuram-se como ferramentas estratégicas para a manutenção da diversidade genética e para o aprofundamento do conhecimento sobre espécies de interesse agronômico, ecológico e socioeconômico (Mckeown, 1996).

2.3. Caracterização e avaliação de recursos genéticos

Os recursos genéticos cumprem plenamente sua função quando acompanhados por informações resultantes das atividades de caracterização e avaliação do germoplasma de espécies de interesse atual (Sousa *et al*., 2009; Borém & Miranda, 2009). A caracterização, nesse contexto, constitui uma etapa fundamental no manejo de coleções de germoplasma, envolvendo a coleta sistemática de dados que permitem descrever, identificar e distinguir acessos pertencentes a uma mesma espécie.

Os programas de melhoramento genético de espécies nativas estão intrinsecamente associados à utilização inicial de germoplasma com ampla base genética, embora ainda pouco conhecido. Nessa fase, os avanços obtidos nas primeiras seleções podem ser significativos, desde que haja informações consistentes sobre a variabilidade de caracteres, indivíduos, populações, procedências geográficas e outros fatores relevantes. Com esse objetivo, diversos pesquisadores têm proposto listas mínimas de descritores para a caracterização e avaliação do germoplasma nativo (Sousa *et al*., 2009).

De modo geral, os estudos voltados à caracterização de recursos genéticos utilizam informações que permitem distinguir fenótipos em categorias discriminantes, passíveis de repetição sob diferentes condições ambientais (Souza *et al*., 2009). Nesse contexto, a caracterização é definida como a coleta de caracteres de elevada

herdabilidade, de fácil observação e mensuração, que se expressam de forma consistente em distintos ambientes (Valls, 1990).

Os fundamentos teóricos que sustentam as metodologias aplicadas à caracterização e avaliação de coleções de germoplasma estão baseados em princípios da genética de populações, estatística e biologia molecular. Essas abordagens permitem, entre outros aspectos, a identificação de acessos duplicados, a determinação dos modos de reprodução predominantes nos materiais coletados e a verificação da existência de variabilidade genética intrínseca em acessos individuais (Valls, 2007).

Normalmente o germoplasma conservado no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) tem sido analisado por meio de duas abordagens da variação, a fenotípica e a molecular (Sousa *et al*., 2009). A variação fenotípica reúne ações que resultam na caracterização da diversidade morfológica e avaliação de características de importância agronômica (Ramos *et al*., 1999). Para tanto, utilizam-se normalmente listas de descritores de caracteres morfológicos, agronômicos, e também botânicos (Valls, 2007). Desse modo, os estudos de caracterização de germoplasma viabilizam a identificação e seleção de genótipos superiores, favorecendo a produção de material propagativo de qualidade e o desenvolvimento de tecnologias voltadas à produção de espécies nativas. Tais estudos são fundamentais para a transição dessas espécies, tradicionalmente exploradas por meio do extrativismo, para sistemas de cultivo, ao fornecer informações detalhadas sobre características de interesse agronômico, ecológico e comercial que podem ser incorporadas em programas de melhoramento e produção (Pelloso *et al*., 2008).

2.3.1. **Descritores morfológicos**

Desde a década de 1960, com a mobilização promovida pela FAO em prol da conservação dos recursos fitogenéticos essenciais à segurança alimentar global, foram alcançados avanços significativos na estruturação de estratégias de prospecção, coleta, intercâmbio, conservação (*in situ* e *ex situ*), caracterização, avaliação, documentação e uso desses recursos. Nesse contexto, a elaboração de listas de descritores assume papel central, sendo fundamental para a caracterização e avaliação dos acessos em bancos de germoplasma. Os dados gerados são sistematizados em bancos de dados e utilizados na construção de catálogos especializados por cultura. Cada descritor representa um atributo

observável e mensurável, capaz de distinguir acessos dentro de uma mesma espécie, contribuindo para o manejo eficiente e a utilização racional da diversidade genética conservada (Valois, 2015).

Dentre os vários tipos de caracterização, a morfológica é a primeira realizada no germoplasma depois que ele é incorporado às coleções de trabalho. A caracterização morfológica deve permitir a discriminação relativamente fácil entre fenótipos e fornecer as primeiras estimativas de variabilidade (diversidade) dentro da coleção de trabalho (Burle & Oliveira, 2010).

A diversidade genética pode ser verificada pelo uso de diversos tipos de descritores (Cruz & Carneiro, 2006), entre os quais, destacam-se os: morfoagronômicos, citológicos, bioquímicos, fisiológicos e moleculares. Os descritores morfoagronômicos são baseados em caracteres de fácil identificação, detecção e mensuração dos acessos no campo. Geralmente possuem pouca influência ambiental e alta herdabilidade (normalmente controlados por poucos genes) (Fukuda & Guevara, 1998). Esses descritores morfoagronômicos podem ser: quantitativos ou qualitativos. Os descritores quantitativos, podem ser exemplificados pelo número de nós, número de dias das emergências até a floração, há também a possibilidade de expressar as medidas por meio de escalas (de 1 a 9 para altura, sendo 1 muito baixo e 9 muito alto). No entanto recomenda-se a medição direta do descritor quantitativo (altura em metros, por exemplo) sempre que possível. Em relação às escalas dos descritores, elas podem ser nominais, ordinais (discretas), contínuas ou binárias (Burle & Oliveira, 2010). Já os descritores qualitativos podem ser representados por cor da flor, formato da semente, cor do epicarpo, cor do mesocarpo, etc. Os descritores qualitativos podem ser avaliados em escalas nominais (ex.: cor dos frutos: amarela, vermelha, marrom, branca), escalas binárias (variegação da cor da folha: ausente e presente).

Assim, um dos objetivos da caracterização é facilitar o intercâmbio e a utilização de germoplasma, sendo recomendável que os descritores morfológicos tenham a maior uniformidade possível, em âmbito mundial. O antigo órgão *Bioversity International*, atualmente integrado à *Alliance of Bioversity International and CIAT*, contribuiu para a elaboração de descritores de várias espécies, cuja terminologia tem sido padronizada para facilitar a aplicação deles e para comparar os resultados do germoplasma caracterizado em diferentes locais. Os descritores são uma importante ferramenta na identificação de

acessos existentes em coleções, na diferenciação daqueles com algumas características semelhantes e na detecção de materiais duplicados (Burle & Oliveira, 2010).

Dessa maneira, a sistematização da lista de descritores mínimos para a espécie, contemplando o conhecimento local e o conhecimento científico, pode contribuir para a caracterização morfológica das populações. Além disso, o aprofundamento dos estudos utilizando os descritores morfológicos em populações com alta variabilidade genética contribui para o melhor conhecimento, desenvolvimento de metodologias para conservação e uso sustentável das espécies, podendo ser útil para taxonomistas e melhoristas na identificação das diferentes populações (Mistura, 2013).

Para diversas espécies frutíferas já foram criados descritores morfológicos, entre as frutíferas nativas do Brasil, destacam-se os trabalhos de Mistura *et al.* (2015) que sistematizaram e apresentaram a lista detalhada dos descritores para *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick, Wesp (2014) com guabirobeira (*Campomanesia* spp.) e Badra *et al.* (1991) criaram os descritores para o abacaxizeiro *(Ananas comosus* L. Merril.). Além das espécies citadas, possuem também publicação com os descritores na *Bioversity International,* o abacateiro, a ameixeira, a cerejeira, a bananeira, o gênero C*itrus*, o coqueiro, o damasqueiro, a jaqueira, a lichieira, a macieira, o mamoeiro, a mangueira, a pereira, o pessegueiro e a videira.

2.3.2. **Caracterização e avaliação morfoagronômica**

Os descritores agronômicos referem-se a características relacionadas aos componentes de produção, rendimento e à resistência ou suscetibilidade a pragas e doenças (Valls, 2007; Sousa *et al*., 2009). Tais descritores constituem parâmetros fundamentais para o conhecimento e a caracterização do germoplasma, permitindo avaliar seu potencial de uso em diferentes contextos, como ornamental, medicinal, frutífero, entre outros (Blank *et al*., 2004).

2.3.3. **Caracterização bioquímica**

A caracterização bioquímica de um banco de germoplasma é uma etapa crucial para entender o potencial genético e funcional dos acessos conservados. Ela complementa a caracterização morfológica e molecular, oferecendo dados sobre os compostos químicos presentes nas plantas, como metabólitos secundários, proteínas, açúcares, ácidos

orgânicos e antioxidantes. A caracterização química de bancos de germoplasma por meio da metabolômica representa uma abordagem moderna e altamente informativa para compreender a diversidade funcional de espécies vegetais. Essa técnica permite a análise abrangente dos metabólitos primários e secundários presentes nos acessos conservados, oferecendo subsídios valiosos para programas de melhoramento genético, conservação e uso sustentável de recursos fitogenéticos (Cevalos-Cevalos *et al*., 2009).

A metabolômica (estudo das alterações dos metabólitos) faz parte das ciências Ômicas que buscam o entendimento do funcionamento celular dos organismos e suas alterações biológicas. O metaboloma (do inglês, *metabolome*) é o conjunto de todos os metabólitos de baixa massa molecular (até 1500 Da), presentes ou alterados em um sistema biológico. A metabolômica se divide em dois tipos: alvo (do inglês, *targeted metabolomics*), definida como a análise quantitativa de um ou mais metabólitos pré-selecionados de determinada classe química, ou que estejam associados a rotas metabólicas específicas, e metabolômica global (do inglês, *untargeted metabolomics*), que está baseada na análise qualitativa do maior número de metabólitos possível, pertencentes a diversas classes químicas, contidas no sistema biológico em estudo (Canuto *et al*., 2018).

As abordagens metabolômicas têm se mostrado eficazes na obtenção de informações sobre a variabilidade metabólica em bancos de germoplasma, na diferenciação de espécies e na determinação de suas origens geográficas. Além disso, essa técnica contribui para a classificação química de plantas por meio da quimiotaxonomia (Oms-Oliu *et al*., 2013; Cevallos-Cevallos *et al*., 2009).

Hoffmann *et al*. (2016) utilizaram análises metabolômicas não direcionadas por LC-ESI-qToF-MS, associadas à quimiometria, para caracterizar genótipos de *Butia* spp. de diferentes origens geográficas, identificando distinções metabólicas entre espécies e localidades com base em metabólitos primários e especializados, como açúcares, ácidos orgânicos, resveratrol e rutina. Esses resultados demonstram que o perfil químico é uma ferramenta robusta para a discriminação de espécies e de suas origens geográficas, permitindo a identificação precisa de metabólitos responsáveis por tais distinções.

Os metabólitos primários compreendem compostos essenciais produzidos por todas as plantas, diretamente envolvidos nos processos de crescimento e desenvolvimento. Entre esses compostos, incluem-se açúcares, aminoácidos, ácidos

graxos, lipídeos e nucleotídeos, além de macromoléculas derivadas desses precursores, como proteínas, polissacarídeos, membranas biológicas, DNA e RNA (García & Carril, 2009). Por outro lado, os metabólitos secundários (ou especializados) são substâncias naturais sintetizadas pelas plantas com funções predominantemente relacionadas à defesa contra estresses abióticos e bióticos. Além disso, esses compostos apresentam relevância nutricional e farmacológica na alimentação humana, sendo amplamente utilizados como aditivos aromáticos e corantes (Raskin *et al*., 2002). Os metabólitos secundários são classificados, de forma geral, em três grupos principais: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados.

Os compostos fenólicos quimicamente são definidos como fitoquímicos que apresentam em sua estrutura um anel aromático com pelo menos um grupo hidroxila, com sua estrutura podendo variar de uma simples molécula fenólica a um polímero complexo de alta massa molecular (Alara *et al*., 2021). São amplamente encontrados e produzidos pelas plantas como metabólitos secundários (Crozier *et al*., 2009).

Com o aumento dos padrões de vida e da conscientização sobre os riscos à saúde associados aos aditivos químicos sintéticos, cresce a demanda por alternativas naturais e seguras na alimentação. Nesse cenário, pigmentos naturais como as antocianinas e proantocianidinas têm ganhado destaque por suas propriedades funcionais e benefícios à saúde. As antocianinas, pigmentos hidrossolúveis presentes em vegetais, frutas e grãos, são responsáveis pelas colorações vermelha, azul e roxa, e apresentam potencial como intensificadores nutricionais devido à sua segurança e ausência de toxicidade (Burton-Freeman *et al.,* 2019). As proantocianidinas, por sua vez, são compostos antioxidantes naturais encontrados em alimentos de coloração vermelho-rosada, com alta atividade biológica *in vivo*. Além de atuarem como corantes e conservantes naturais em diversos produtos alimentícios, oferecem estabilidade, acessibilidade e segurança, posicionando-se como alternativas viáveis frente às restrições crescentes ao uso de antioxidantes sintéticos (Qi *et al.,* 2023).

Conforme Ferrari *et al*. (2019), avaliando os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de frutíferas nativas do Uruguai, como araçazeiro amarelo e roxo (*P. cattleyanum*), guabijuzeiro (*M. pungens*) e goiabeira serrana (*A. sellowiana*), o guabiju apresentou o maior conteúdo de antocianinas, dentre as demais espécies avaliadas. Os autores também consideraram o guabiju uma boa fonte de compostos bioativos com alto

potencial de capacidade antioxidante, e relatam que as caracterizações físico-químicas e antioxidantes das espécies avaliadas poderiam ser uma ferramenta valiosa para promover seu consumo e representar boas perspectivas para fins nutracêuticos.

2.3.4. **Caracterização molecular**

A caracterização molecular de bancos de germoplasma é uma ferramenta estratégica para o avanço da conservação genética e do melhoramento de espécies vegetais. Ela permite a análise direta da variabilidade genética por meio de marcadores moleculares, revelando diferenças que não são detectáveis por métodos morfológicos ou bioquímicos (Azevedo & Azevedo, 2010).

Os marcadores moleculares são macromoléculas ou loci no DNA que apresentam polimorfismos detectáveis, e que podem ser facilmente rastreados e quantificados em um indivíduo ou população. Os marcadores de DNA podem ser ilimitados em número e servem para vários propósitos em plantas (Gupta *et al*., 2002). Existem muitos tipos de marcadores moleculares atualmente. Os mais amplamente utilizados são: *Random Amplified Polymorphic DNA* (*RAPD*)*, Restriction Fragment Length Polymorphisms* (*RFLP*)*, Amplified Fragment Length Polymorphisms* (*AFLP*)*, Inter Simple Sequence Repeats (ISSRs*), microssatélites ou *Simple Sequence Repeats* (*SSR*)*,* e *Single Nucleotide Polymorphisms* (*SNPs*) (Sehgal & Raina, 2008). Esses marcadores apresentam diferenças em relação a abundância genômica, nível de polimorfismo detectado, informação genética, especificidade dos locos, reprodutibilidade, requerimentos técnicos e custos (Buso *et al*., 2003). Embora cada marcador possui algumas vantagens e desvantagens, a escolha do marcador é determinada em grande parte pela aplicação desejada, conveniência e custo envolvido (Gupta *et al*., 2002). Os marcadores moleculares também constituem meios eficientes de relacionar variações fenotípicas e genotípicas (Varshney *et al.,* 2005).

Tratando-se de plantas, os marcadores moleculares têm sido usados de diversas maneiras, não apenas para suplementar e acelerar métodos convencionais de melhoramento de culturas, mas também para a caracterização e manutenção de recursos genéticos vegetais, que são vitais para os programas de melhoramento e conservação. Dentre suas várias aplicações, inclui-se a investigação de relações genéticas entre indivíduos, mapeamento de genes, estudos da organização dos genomas, transformação

genética, seleção assistida por marcadores e cruzamentos, identificação de clones, linhagens, híbridos e organismos geneticamente modificados, genética de populações e estudos filogenéticos (Kalia *et al*., 2011; Varshney *et al*., 2007; Buso *et al*., 2003).

Dessa maneira, estudos moleculares em populações naturais aliadas à caracterização por meio dos descritores, são importantes para verificar a variabilidade genética (Danner *et al*., 2011). Tradicionalmente, são utilizados descritores morfológicos e agronômicos; no entanto, estes podem ser influenciados pelo ambiente e alguns só podem ser avaliados durante a fase adulta das plantas (Vieira *et al.,* 2009). Assim, a identificação através de análises com marcadores morfológicos ou moleculares pode ser utilizada em combinação com os descritores ou exclusivamente para caracterização das plantas (Ferreira & Grattapaglia, 1998). Ao longo dos anos, os marcadores moleculares têm avançado nossa compreensão sobre os recursos genéticos e contribuído com os programas de melhoramento (Kalia *et al.,* 2011).

Estudos de diversidade genética utilizando marcadores moleculares com *M. pungens* ainda são escassos, porém necessários para servir de base para programas de conservação e melhoramento.

2.3.4.1. Marcadores AFLP

Os marcadores AFLP descrito por Vos *et al*. (1995), são resultado da combinação entre as técnicas utilizadas nos marcadores tipo RFLP e RAPD, associam os polimorfismos gerados por enzimas de restrição com a capacidade de detecção da técnica de PCR. O DNA total da planta é clivado por enzimas de restrição, originando um número extremamente elevado de fragmentos que, em função da concentração, não são detectados em eletroforese. Pequenas sequências de DNA (adaptadores) são acopladas às extremidades desses fragmentos de restrição, as quais se anelarão com primers específicos, durante a PCR (pré-amplificação e amplificação seletiva). Os fragmentos gerados são então separados por eletroforese em gel de poliacrilamida desnaturante. Um dos grandes atributos da técnica de AFLP é apresentar uma maior reprodutibilidade que os RAPDs.

A técnica de AFLP apresenta vantagens comparativas, tais como detecção de maior número de *lócus* e cobertura ampla do genoma (Lopes *et al*., 2002). A rapidez de obtenção

de dados alia-se ao baixo custo e simplicidade técnica, tornando a acessibilidade da técnica AFLP bastante alta (Turchetto *et al*., 2017; Faleiro, 2007).

2.4. Estrutura da Tese

O presente estudo foi estruturado em quatro artigos, cada um abordando diferentes aspectos da caracterização e manejo do guabijuzeiro, com o objetivo de contribuir para o conhecimento agronômico, genético e bioquímico da espécie, visando seu potencial de cultivo comercial.

- **Artigo 1 –** O primeiro artigo propõe uma lista detalhada de descritores morfológicos para o guabijuzeiro, incluindo a descrição e o registro fotográfico dos principais órgãos da planta. Essa padronização visa subsidiar futuras pesquisas taxonômicas e facilitar a identificação de acessos em coleções ou banco de germoplasma.
- **Artigo 2 –** O segundo artigo apresenta a caracterização química dos frutos provenientes dos diferentes acessos da coleção de trabalho da UFRGS, por meio de análises metabolômicas focadas nos compostos fenólicos. Os resultados obtidos contribuem para o entendimento do perfil nutricional e funcional da espécie, com implicações para o uso alimentício e farmacológico.
- **Artigo 3 –** O terceiro artigo aborda a caracterização genética de diferentes acessos da coleção de trabalho da UFRGS, utilizando marcadores moleculares AFLP. Essa abordagem permite avaliar a diversidade genética existente na coleção, identificando potenciais acessos para programas de melhoramento.
- **Artigo 4 –** Por fim, o quarto artigo trata-se do desempenho produtivo e o desenvolvimento vegetativo de cinco acessos da coleção de trabalho, avaliando também diferentes espaçamentos de plantio com vistas à implantação de pomares comerciais. Os dados obtidos fornecem subsídios técnicos para o cultivo da espécie em sistemas agrícolas.

2.5. Referências bibliográficas

ABREU, A. G.; PÁDUA, J. G.; BARBIERI, R. L. **Conservação e uso de recursos genéticos vegetais para a alimentação e a agricultura no Brasil**: 2012 a 2019. Embrapa, Brasília, 112 p. 2022.

ALARA, O. R.; ABDURAHMAN, N. H.; UKAEGBU, C. I. Extraction of phenolic compounds: A review. **Current research in food science**, *4*, 200-214. 2021.

ALTMANN, T. **Influência de regimes hídricos sobre a fenologia e produção de frutos em jabuticabeiras (*Plinia peruviana* (Poir.) Govaerts)**. 2017. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

AZEVEDO, V. C. R.; AZEVEDO, V. C. R. **Manual de Curadores de Germoplasma-Vegetal:** Caracterização Molecular. 2010.

BADRA, T. *et al.* Descriptors for pineapple (IBPGR). **Plant Genetic Resources-Characterization and Utilization**, 56p., 1991.

BARBIERI, R. L. *et al.* Uso, Valoração e experiências exitosas com Recursos Genéticos Vegetais no Cerrado, Caatinga e Pampa: RECURSOS GENÉTICOS DO BIOMA PAMPA. *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. **Anais** [...] Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012.

BATTILANI, J. L.; SCREMIN-DIAS E.; SOUZA, A. L. T. Fitossociologia de um trecho da mata ciliar do rio da Prata, Jardim, MS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Belo Horizonte-MG, n. 19, p. 597-608, 2005.

BERNARDI, C. *et al*. First Report of Myrtle Rust Caused by *Austropuccinia psidii* on *Myrcianthes pungens* in Parana State, Brazil. **Plant Disease**, *107*(9), 2865. 2023.

BLANK, A. F. *et al*. Caracterização morfológica e agronômica de acessos de manjericão e alfavaca. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v.22, p.113-116, 2004.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: UFV, 2009. 529p.

BURLE, M. L.; OLIVEIRA, M. do S. P. de. **Manual de Curadores de Germoplasma - Vegetal:** Caracterização Morfológica. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 312; Embrapa Amazônia Oriental, 378). Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010. 16p. 2010.

BURTON-FREEMAN, B. *et al*. A Selective Role of Dietary Anthocyanins and Flavan-3-Ols in Reducing the Risk of Type 2 Diabetes Mellitus: A Review of Recent Evidence. **Nutrients**. 2019, 11, 841. DOI: 10.3390/nu11040841.

BUSO, G. S. C. *et al*. Marcadores microssatélites em espécies vegetais. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v. 30, p. 46, 2003.

CANUTO, G. A. B. *et al.* METABOLÔMICA: DEFINIÇÕES, ESTADO-DA-ARTE E APLICAÇÕES REPRESENTATIVAS. **Quimica Nova**, Vol. 41, No. 1, 75-91, 2018. https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170134

CARVALHO, P. C. L. *et al*. Conservação de germoplasma de fruteiras tropicais com a participação do agricultor. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.1, p. 277-281, 2002.

CEVALLOS-CEVALLOS, J. M. *et al*. Metabolomic analysis in food science: a review. **Trends in Food Science & Technology**, 2009, 20, 557–566.

CORADIN, L; SIMINSKI, A; REIS, A. **Espécies nativas da flora brasileira de valor económico atual ou potencial:** plantas para o futuro – Região Sul. Brasília: MMA. 934p. 2011.

CROZIER, A.; JAGANATH, I. B.; CLIFFORD, M. N. Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. **Natural Product Reports**, 26(8), 1001–1043. 2009. https://doi.org/10.1039/b802662a

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p.

DALLA NORA, C. *et al*. Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleyanum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). **Journal of Food Composition and Analysis**, *34*(1), 18-25. 2014.

DANNER, M. A. *et al.* PROPOSTA DE PROTOCOLO PARA EXTRAÇÃO DE DNA DE JABUTICABEIRA. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 363-367, abr.-jun., 2011.

DE OLIVEIRA RAPHAELLI, C. *et al*. Fruits, seeds and leaves of guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand): characteristics, uses and health benefits. **Journal of Food Science and Technology**, 61(6), 1035-1052, 2024. https://doi.org/10.1007/s13197-023-05822-z.

DETONI, E. **Caracterização físico química do guabiju (*Myrcianthes pungens*) e métodos de conservação pós colheita**. 2015. 29 f. Monografia de especialização. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2015.

DETONI, E. *et al*. Guabijú (*Myrcianthes pungens*): Characterization of in natura and lyophilized Brazilian berry. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e37810313337, 19 mar. 2021.

DETONI, E. Sorvete próbiotico de guabijú (*Myrcianthes pungens*): desenvolvimento, caracterização, avaliação de compostos bioativos e viabilidade de *Lactobacillus paracasei*. [s.l.] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.

FALEIRO, F. G. **Marcadores genético-moleculares aplicados a programas de conservação e uso de recursos genéticos**. Planaltina, DF, Brasil: Embrapa Cerrados, 2007. 102 p. ISBN 978-85-7075-035-8

FERRARI, V. *et al*. Bioactive compounds and antioxidant capacity in native fruits of Uruguay. **Revista Del Laboratorio Tecnológico Del Uruguay**, Montevidéu, n. 19, p. 64 – 75, 2019.

FERREIRA, M. E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores moleculares em análise genética**. Editora Embrapa, Brasília, 220p. 1998.

FIOR, C. S. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de guabijuzeiro (*Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand - Myrtaceae) em armazenamento. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 3, p. 435-442, 2010.

FLORA DO BRASIL. *Myrtaceae* in Flora do Brasil 2026 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB171>. Acesso em: 11 mar. 2026

FUKUDA, W. M. G.; GUEVARA, C. L. **Descritores morfológicos e agronômicos para a caracterização de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. Cruz das Almas: EMBRAPA-CNPMF, 1998, 38p. (EMBRAPA-CNPMF, Documentos, 78).

GARCÍA, A. Á.; CARRIL, E. P-U. Metabolismo secundário de plantas. **Reduca (biología)**, v. 2, n. 3, p. 119-145, 2009.

GIBBERT, P. *et al*. CONSERVATION OF SEEDS OF *Myrcianthes pungens* (Berg) Legr. IN DIFFERENT PACKAGING IN A CONTROLLED ENVIRONMENT1. **Revista Árvore**, *43*(2), 2019. e430205.

GOMES, G. C. *et al.* **Conservação de frutíferas nativas:** localização, fenologia e reprodução. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 36p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 183). 2007.

GOMES, M. K.; ZOMER, A. F.; ROMAGNOLO, M. B. FLORISTIC SURVEY OF MYRTACEAE IN SEASONAL SEMIDEDECIDUAL FOREST IN THE MARINGÁ REGION. **International Journal of Biological and Natural Sciences**, v.3, n. 7, 2023. 10.22533/at.ed.813372328071

GUARDIA, M. C. *et al*. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand (Myrtaceae). **Hoehnea**, *47*, 2020. e192020.

GUOLLO, K. *et al.* Floral, reproductive and pollinators biology of *Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand, neglected species. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá-PR, v. 41, e43904, 2019.

GUPTA, P. K.; VARSHNEY, R. K.; PRASAD, M. Molecular markers: principles and methodology. In: Molecular techniques in crop improvement. **Springer Netherlands**, 2002. p. 9-54.

HIRDES, Y. T. **Gestão do patrimônio genético e do conhecimento tradicional associado à flora- perspectivas, oportunidades e lacunas.** 2025. 83 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado) - Campus Central - Sede: Anápolis - CET - Henrique Santillo, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 2025.

HOFFMANN, J. F. *et al*. *Butia* spp. (Arecaceae) LC-MS-Based Metabolomics for Species and Geographical Origin Discrimination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 65(2), 523–532, 2016. 20107. doi:10.1021/acs.jafc.6b03203

JESUS, G. L. *et al*. Avaliação do crescimento de espécies nativas plantadas em área de compensação florestal**. Advances in Forestry Science**, Cuiabá, MT, v. 6, n. 4, p. 819-826, 2019.

KALIA, R. K. *et al*. Microsatellite markers: an overview of the recent progress in plants. **Euphytica**, v. 177, n. 3, p. 309-334, 2011.

LAPA, C. H. A. *et al*. Efeito da sacarose na viabilidade polínica de *Campomanesia xanthocarpa* (Mart.) O. Berg e *Myrcianthes pungens* Berg.(Myrtaceae). **Acta Biológica Catarinense**, 12(3), 21-28. 2025.

LATTUADA, D. S. **Avanços na propagação vegetativa de *Eugenia uniflora* e *Plinia peruviana***. 2014. 126 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

LATTUADA, D. S. *et al.* Interação entre endomicorrizas e frutíferas nativas (Myrtaceae) no Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v. 29, n. 4, p. 1726-1736, out./dez. 2019.

LATTUADA, D. S. **Micropropagação e miniestaquia de pitangueira (*Eugenia uniflora* L.)**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

LONGHI, R. A. **Livro das árvores:** árvores e arvoretas do Sul. Porto Alegre: L & PM. 1995. 176p.

LOPES, M. S. *et al*. Marcadores moleculares dominantes (RAPD e AFLP). **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Uberlândia, v.5, n.29, p.56-60, 2002.

LOPES. P. Z. **Propagação vegetativa e interação com endomicorrizas arbusculares em mirtáceas nativas do Sul do Brasil**. 2009. 134 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, vol. 1, 7. Ed. São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da flora, 2016.

LORENZI, H. *et al*. **Frutas brasileiras e exóticas cultivadas:** (de consumo *in natura*). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006.

MANGONE, F. M.; CATANIA, M. DEL V.; ALBORNOZ, P. L. Modificaciones histológicas foliares causadas por organismos fúngicos en tres especies de Myrtaceae. **Boletin de la Sociedad Argentina de Botanica**, Córdoba, v. 52, n. 3, p. 447-461, 2017.

McKEOWN, K. Germplasm conservation of neotropical medicinal plants and a workshop on Fila Chonta in Costa Rica. **Acta Horticulturae**, Korbeek, n.426. p.133-137, 1996.

MISSIO, E. L. *et al*. **Características das sementes de frutíferas nativas da família Myrtaceae com ocorrência no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2023. 27 p. : il. ISBN 978-65-84645-07-3

MISTURA, C. C. **Caracterização de recursos genéticos de *Butia odorata* no Bioma Pampa**. 2013. 80 f. Tese (Doutorado em Fitomelhoramento) – Faculdade de Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

MISTURA, C. C. *et al.* Descriptors for on-farm conservation and use of *Butia odorata* natural populations. **Plant Genetic Resources -** Characterization and Utilization, v. 01, p. 1-6, 2015.

MITRA, S. K. *et al.* Taxonomy and Importance of *Myrtaceae*. Proc. 3rd IS on Guava and Other Myrtaceae. Eds.: C.A.F. Santos *et al*. **Acta Horticulturae**, Korbeek-Lo, v. 959, ISHS, 2012.

NASS, L. L.; SIGRIST, M. S. **Espécies silvestres: potencial de exploração via pré-melhoramento**. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G. ; CLEMENT, C.R (Ed.) Domesticação e Melhoramento: Espécies Amazônicas. Viçosa: Editora UFV, 2009.

NESELLO, L. A. N. *et al*. Chemical composition and antinociceptive activity of *Myrcianthes pungens* leaves. **International Journal of Applied Research in Natural Products**, Dübendorf, v. 9, n. 1, p. 14-19, 2016.

NORA, C. D. *et al.* Protective effect of guabiju (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand) and red guava (*Psidium cattleyanum* Sabine) against cisplatin-induced hypercholesterolemia in rats. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, São Paulo-SP, vol. 50, n. 3, jul./sep., 2014.

OMS-OLIU, G. *et al*. Metabolomics for assessing safety and quality of plant-derived food. **Food Research International**. 2013, 54, 564 1172–1183.

PELLOSO, I. A. O.; VIEIRA, M. C.; ZÁRATE, N. A. H. Avaliação da diversidade genética de uma população de guavira (*Campomanesia adamantium* Cambess. O. Berg., Myrtaceae). **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 3, p.49-52, 2008.

PIROLA, K. **Caracterização fisiológica e conservação de sementes de oito fruteiras nativas do bioma floresta com araucária.** 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

QI, Q. *et al.* Anthocyanins and proanthocyanidins: Chemical structures, food sources, bioactivities, and product development. **Food Reviews International**, 39(7), 2023. 4581-4609.

QUEIROZ, D. L. *et al.* **Psilídeos no Brasil:** 9 – *Tuthillia myrcianthes* (Hemiptera: Psylloidea) em *Myrcianthes pungens* (Myrtaceae). Colombo: Embrapa Florestas, 2014. 9p. (Embrapa Florestas. Comunicado Técnico, 342). 2014.

RAMOS, S. R. R.; QUEIROZ, M. A. Caracterização morfológica: experiência do BAG de cucurbitáceas da Embrapa Semi - Árido, com acessos de abóbora e moranga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, suplemento, p.9-12, 1999.

RASEIRA, M. do C. B. *et al.* **Espécies frutíferas nativas do Sul do Brasil**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 124p. (Embrapa Clima Temperado. Documento, 129). 2004.

RASKIN, I. *et al*. Plants and Human Health in the Twenty-First Century. **Trends Biotechnology**, v. 20, n. 12, p. 522-531, 2002.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. **Sellowia**, Itajaí, vs. 34-35, p. 1-525, 1983.

RIGDEN, L. V. de M.; CAVALCANTI, T. B. **A conservação e a utilização de recursos genéticos vegetais**. In: BENSUSAN, N. (Org.). Seria melhor mandar ladrilhar? Biodiversidade: como, para que, por que. Brasília: Ed. UnB: Instituto Socioambiental, 2002. p. 83-87.

RODRIGUES, M. A. *et al.* Caracterização biométrica de Guabijuzeiros (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) d. Legrand). **Revista Eletrônica Cientifica da UERGS**, Porto Alegre-RS, v. 6, n. 1, p. 83-91, 2020.

RODRÍGUEZ, E. A. G. **Contribuições à propagação de araçazeiro (*Psidium cattleianum* Sab.) e grumixameira (*Eugenia brasiliensis* Lam.)**. 2013. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTOS, C. M. R.; FERREIRA A. G.; ÁQUILA, M. E. A. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 13-20, 2004.

SANTOS, R. A. Da S. **Caracterização genética, morfológica e metabolômica de acessos de guabijuzeiros [*Myrcianthes pungens* (O. Berg.) D. Legrand.]**. (s. d.). 129 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, s. d.

SANTOS, R. A. DA S. *et al*. Occurrence of Rust in *Myrcianthes pungens* (O. BERG) D. Legrand Caused by *Austropuccinia psidii* in The State of Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Fruticultura**, 44, 1-15. 2022. https:// doi.org/10.1590/0100-29452022073.

SANTOS, R. A. DA S. **Proposta de escala fenológica BBCH, caracterização dos frutos e ocorrência de *Puccinia* sp. em acessos de guabijuzeiros (*Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand)**. 2020. 132 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/257786. Acesso em: 26 jun. 2025.

SEHGAL, D.; RAINA, S. N. **DNA markers and germplasm resource diagnostics: new perspectives in crop improvement and conservation strategies**. In: Arya, I. D.; Arya, S. (eds) Utilization of biotechnology in plant sciences. Microsoft Printech (I) Pvt. Ltd, Dehradun, pp 39–54, 2008.

SERAGLIO, S. K. T. *et al*. Nutritional and bioactive potential of Myrtaceae fruits during ripening. **Food Chemistry**, Norwich, v. 239, p. 649–656. 2018. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.118

SILVEIRA, S. *et al.* Atividade anticolinesterásica dos frutos de *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand (Myrtaceae). **Arquivos Ciência Saúde UNIPAR**, Umuarama-PR, v. 15, n. 2, p. 127-133, maio/ago. 2011.

SOUSA, R. S; NASCIMENTO FILHO, F. J.; SOUZA, A. G. C. **Caracterização, avaliação e documentação de recursos genéticos de espécies amazônicas**. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G. CLEMENT, C. R. (Ed.). Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas. 22. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2009. p. 89-100.

SOUZA, L. S. **Caracterização de frutos e propagação vegetativa de guabijuzeiro *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand**. 2010. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-graduação em Fitotecnia com ênfase em Horticultura. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SOUZA, L. S. *et al.* Clonagem de espécime adulto de *Myrcianthes pungens* (Berg) Legrand através da estaquia. **Iheringia, Série Botânica**, Porto Alegre-RS, v. 73(3), p. 336-341, 2018.

SPINELLI, L. V. *et al*. Uncovering the phenolic diversity of Guabiju fruit: LC-MS/MS-based targeted metabolomics approach. **Food Research International**, *173*, 2023, 113236. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113236.

TURCHETTO, A. C. *et al*. (org.). **Marcadores Moleculares na Era Genômica:** Metodologias e Aplicações. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 2017. 181 p.

VALLS, J. F. M. **Caracterização do germoplasma de espécies de *Paspalum* coletado no sul do Brasil**. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL EM MELHORAMENTO E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS, 1990, Lages. Anais da. Lages: Grupo Campos, EMPASC 1990. p. 184-222

VALLS, J. M. F. **Caracterização de recursos genéticos vegetais**. In: NASS, L. L. (Ed.). Recursos Genéticos Vegetais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 281 -305

VALOIS, A. C. C. Descritores para caracterização e avaliação de germoplasma vegetal. **Revista RG News**, Brasília, DF. Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, p. 26-30, 2015.

VARSHNEY, R. K. *et al*. Genic molecular markers in plants: development and applications. In: Genomics-assisted crop improvement. **Springer Netherlands**, p. 13-29, 2007.

VARSHNEY, R. K.; GRANER, A.; SORRELLS, M. E. Genic microsatellite markers in plants: features and applications. **Trends in Biotechnology**, v. 23, n. 1, p. 48-55, 2005.

VEIT, P. A. **Estudo da fenologia reprodutiva e caracterização de frutos de guabijuzeiros coletados em diferentes regiões do Rio Grande do Sul**. 2016. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

VEIT, P. A. *et al*. Características físico-químicas de frutos de *Myrcianthes pungens* (O. Berg) D. Legrand. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, 9(2), 63-73. 2023.

VIEIRA, E. S. N. *et al.* Caracterização de cultivares de soja por descritores morfológicos e marcadores bioquímicos de proteínas e isoenzimas. **Revista Brasileira de Sementes** 1: 086-094. 2009.

VOS, P. *et al.* AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. **Nucleic Acids Research**, London, v.23, n.21, p.4.407-4.414, 1995.

WAGNER JÚNIOR, A. *et al*. **Guabijuzeiro:** Série Frutas da Mata Atlântica. Editora Funep. 14p, 2012. ISBN: 978-85-7805-091-7

WCSP (WORLD CHECKLIST OF SELECTED PLANT FAMILIES) 2017. *Myrtaceae*. **World checklist of selected plant families**. Disponível em: http://www.kew.org/wcsp. Acesso em 02 de setembro de 2025.

WESP, C. L. **Caracterização morfológica e físico-química de guabirobeiras (*Campomanesia* spp.) acessadas no estado do Rio Grande do sul, Brasil**. 2012. 214 f.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

WIELEWICKI, A. P. *et al.* Proposta de padrões de germinação e teor de água para sementes de algumas espécies florestais presentes na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas-RS, v. 28, n. 3, p. 191-197, 2006.

WILSON, P. G. *et al. Myrtaceae* revisited: a reassessment of infrafamilial groups. **American Journal of Botany**, 88: 2013– 2025. 2001.

WILSON, P. G. *et al.* Relationships within *Myrtaceae* sensu lato based on a matK phylogeny. **Plant Systematic and Evolution**, 251: 3–19. 2005.

WOLFF, L. F.; GOMES, G. C.; RODRIGUES, W. F. Fenologia da vegetação arbórea nativa visando a apicultura sustentável para a agricultura familiar da metade sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.4, n.2, p.554-558, 2009.