

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 11/10/2024.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA CONSERVAÇÃO DE
SEMENTES E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Handroanthus spp.**

Thiago Souza Campos

Engenheiro Agrônomo

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA CONSERVAÇÃO DE
SEMENTES E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Handroanthus spp.**

Thiago Souza Campos

Orientadora: **Profa. Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta**

Coorientadores: **Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo**

Prof. Dr. Wagner Aparecido Vendrame

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2024

C198a	Campos, Thiago Souza Avanços tecnológicos na conservação de sementes e na produção de mudas de <i>Handroanthus</i> spp. / Thiago Souza Campos. -- Jaboticabal, 2024 102 p. : fotos Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientadora: Kathia Fernandes Lopes Pivetta Coorientador: Everlon Cid Rigobelo 1. Agronomia. 2. Plantas ornamentais. 3. Qualidade de sementes e mudas. 4. Rizobactérias. 5. Criopreservação. I. Título.
-------	---

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

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto potencial desta pesquisa

Social: A pesquisa sobre técnicas de aprimoramento de qualidade de sementes e mudas de espécies nativas, tem impacto social significativo. Ao desenvolver métodos como o uso de bactérias promotoras de crescimento, imagens de raio-X em sementes e criopreservação, a pesquisa promove a eficiência na produção agrícola, especialmente em comunidades rurais onde o investimento em tecnologia é limitado. Isso pode reduzir a intensidade de trabalho, proporcionar oportunidades de educação e desenvolvimento de habilidades, e estimular o desenvolvimento rural. Além disso, ao preservar a biodiversidade, a pesquisa contribui para a restauração de ecossistemas naturais, promovendo o bem-estar social e ambiental.

Ambiental: As técnicas desenvolvidas neste estudo têm o potencial de melhorar a eficiência no uso de recursos e reduzir o impacto ambiental da agricultura. Ao possibilitar a seleção precisa de sementes viáveis, monitoramento não invasivo e conservação da diversidade genética, a pesquisa ajuda a evitar o desperdício de recursos e a preservar a biodiversidade. Isso pode levar a uma produção agrícola mais sustentável, com menor emissão de poluentes e menor necessidade de expansão agrícola em habitats naturais, contribuindo para um ambiente mais equilibrado e saudável.

Econômico: A implementação dessas técnicas pode aumentar a produtividade e qualidade das mudas e sementes, o que pode resultar em maior renda e lucratividade para os agricultores. Além disso, ao tornar a produção mais competitiva no mercado, a pesquisa pode atrair investimentos e promover a inovação no setor da floricultura. O uso das técnicas leva economia de custo, criação de empregos e crescimento econômico em áreas rurais e urbanas. Fortalecendo a cadeia de valor do setor agrícola, a pesquisa pode garantir um futuro estável e próspero para as regiões produtoras de ipê-amarelo e ipê-roxo, como outras arbóreas nativas.

Potential impact of this research

Social: Research on techniques to enhance the quality of seeds and seedlings of native species has significant social impact. By developing methods such as the use of growth-promoting bacteria, X-ray imaging of seeds, and cryopreservation, the research promotes efficiency in agricultural production, especially in rural communities where investment in technology is limited. This can reduce labor intensity, provide opportunities for education and skills development, and stimulate rural development. Additionally, by preserving biodiversity, the research contributes to the restoration of natural ecosystems, promoting social and environmental well-being

Environmental: The techniques developed in this study have the potential to improve resource efficiency and reduce the environmental impact of agriculture. By enabling precise selection of viable seeds, non-invasive monitoring, and conservation of genetic diversity, the research helps to avoid resource wastage and preserve biodiversity. This can lead to more sustainable agricultural production, with lower emissions of pollutants and reduced need for agricultural expansion into natural habitats, contributing to a more balanced and healthier environment.

Economic: The implementation of these techniques can increase the productivity and quality of seedlings and seeds, which can result in higher income and profitability for farmers. Additionally, by making production more competitive in the market, the research can attract investment and promote innovation in the floriculture sector. The use of these techniques leads to cost savings, job creation, and economic growth in rural and urban areas. By strengthening the value chain of the agricultural sector, the research can ensure a stable and prosperous future for regions producing trumpet trees, as well as other native tree species.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA CONSERVAÇÃO DE SEMENTES E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus* spp.

AUTOR: THIAGO SOUZA CAMPOS

ORIENTADORA: KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA

COORIENTADOR: WAGNER APARECIDO VENDRAME

COORIENTADOR: EVERLON CID RIGOBELLO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA (Participação Virtual)
Departamento de Produção Vegetal / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
KATHIA FERNANDES LOPES PIVETTA
Data: 17/04/2024 15:06:59-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. GILBERTO ROSTIROLLA BATISTA DE SOUZA (Participação Virtual)
Empresa Azul Pack / Paulínia/SP



Documento assinado digitalmente
GILBERTO ROSTIROLLA BATISTA DE SOUZA
Data: 24/04/2024 16:55:03-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. CARLA RAFAELE XAVIER COSTA (Participação Virtual)
Agrônoma Autônoma / Paulínia/SP



Documento assinado digitalmente
CARLA RAFAELE XAVIER COSTA
Data: 24/04/2024 19:15:47-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. EDUARDO CUSTODIO GASPARINO (Participação Virtual)
Departamento de Biologia / FCAV UNESP Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
EDUARDO CUSTODIO GASPARINO
Data: 25/04/2024 10:59:53-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. ANA CAROLINA CORREA MUNIZ (Participação Virtual)
Autônoma / Taquaritinga/SP



Documento assinado digitalmente
ANA CAROLINA CORREA MUNIZ
Data: 29/04/2024 15:25:06-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Jaboticabal, 11 de abril de 2024

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

THIAGO SOUZA CAMPOS, natural de Uberlândia, Estado de Minas Gerais, nasceu no dia 28 de agosto de 1995. Iniciou o curso de Engenharia Agrônômica em agosto de 2012 pela Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Umuarama – MG. Durante a sua graduação desenvolveu o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Qualidade fisiológica de sementes de canola (*Brassica napus*) submetidas a testes de vigor” e obteve o título de Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2018. Em março de 2019, ingressou no curso de Pós-graduação *latu-sensu* em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Campus Capão do Leão, Estado do Rio Grande do Sul obtendo o título de Especialista em novembro de 2019, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “Nutrição com boro na produtividade e qualidade em sementes armazenadas de Soja”. Em março de 2019, ingressou no curso de Mestrado em Produção Vegetal da Universidade Estadual de Goiás, Campus Ipameri, Estado de Goiás obtendo o título de Mestre em junho de 2020, com a dissertação intitulada “Desempenho de Cultivares de Milho Pipoca no Estado de Goiás”. Em agosto de 2020, iniciou o curso de Doutorado no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Produção Vegetal), da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV), Campus de Jaboticabal, integrando o grupo de estudos em Paisagismo e Floricultura (GEPFlor) - com bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) código de financiamento 01 e posteriormente. A trajetória acadêmica é dedicada ao estudo da Propagação, Produção e Fisiologia de Plantas.

À Deus pela realização de mais um sonho, e a minha base, Maria Rita, Leila Maria, José Audes, Sandra Helena, Geusa Maria, Ordalita Oliveira, Carlos Anselmo e Adilson José e a minha irmã Loren Souza Campos, que foram minha estrutura e força para a realização de mais essa conquista.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus e minha família por me dar forças e guiar aos caminhos da ciência.

Aos amigos do doutorado Maryelle Barros, Thais Fortunato, Gabriela Pelegrini, Sandra Ferreira, Rafaela Graciano, Isabela Mocada, Estefanía Tavares, Soumaya Merzougui, Thaís Caetano e Felipe Lima pessoas que fizeram a diferença nesses quatro anos.

Aos parceiros do mestrado, Alana Costa, Ane Gabriele Vaz, Dra. Katiane Santiago Silva Benett e Dr. Cleiton Gredson Sabin Benett que foram em muitos momentos mais que amigos e me apoiaram nessa caminhada da pós-graduação.

Agradeço, em especial também, aos meus colegas e amigos Antonio Maricélio Borges de Souza, Gabriel Oliveira Matsumoto, Guilherme Rodrigues Vieira, Dr. Juan Ricardo Rocha, Vânia Pereira e Westefann dos Santos Sousa que me ajudaram incansavelmente na realização desse trabalho e como muitos outros, não teve dia, nem hora, chuva ou sol, estavam sempre comigo em todos os momentos, me ensinaram que não há vitória caminhando sozinho.

Aos amigos e familiares por cada pedacinho de ensinamento, conversa e conforto, Aline Souza, Andreia Queiroz, Arthur Costa, Barbara Biasoli, Bruna Souza, Caira Fernanda, Danilo Araújo, Daniel Guaracy, Dereck Ruszkowski, Eduardo Lira, Fabio Janoni, Guilherme Clemente, Hiago Fontoura, Heron Melo, Ieda Carla, João Paulo Weiler, Jourdan ten Caten, Josmar Pereira, Lilian Carvalho, Lohayne Borges, Luís Almeida, Luís Carlos, Lucas Andrade, Marina Leite, Maria Abadia, Marcos Lourenço, Matheus Martins, Michele Camargo, Miguel Carranza, Mychel Campos, Natasha Janovicci, Pedro Augusto, Rachel Almeida, Rafael Bezerra, Raquel Migliano, Raphael Vieira, Roberta Paiva, Rubia Andrea, Washigton Luis e Wesley Campos.

À minha orientadora Dra. Kathia Fernandes Lopes Pivetta, que desde o primeiro contato me recebeu e me apoiou à caminhar essa jornada do ensino, pelos conselhos, pela amizade, honestidade e paciência que foram fundamentais para o sucesso deste trabalho. Sua dedicação ao meu crescimento pessoal e acadêmico é inestimável.

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Everlon Cid Rigobelo e Prof. Dr. Wagner A. Vendrame, pelo apoio e contribuições no meu crescimento científico e pessoal.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (Agronomia) da UNESP/FCAV – Campus Jaboticabal, em especial ao Prof. Dr. Eduardo Custódio Gasparino, com o qual tive o privilégio de poder realizar o estágio de docência.

Aos Profs. Dr. Carlos Machado dos Santos, Dr. Adílio de Sá Junior e Dra. Flavia Andrea Nery Silva, que me orientaram na graduação e me incentivaram a seguir a vida acadêmica e sempre buscar o conhecimento.

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

Os meus mais sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1.1 Família Bignoniaceae, gênero <i>Handroanthus</i> e espécies estudadas.....	1
1.1.1 <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.)	2
1.1.2 <i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	3
1.2 Produção de mudas florestais nativas	4
1.3 Rizobactérias promotoras de crescimento de plantas	5
1.3.1 Rizobactérias em mudas florestais.....	9
1.4 Conservação de plantas <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>	11
1.5 Conservação e qualidade de sementes.....	12
1.5.1 Qualidade via análise imagem raio-X	14
1.5.2 Criopreservação de sementes	15
1.4 REFERÊNCIAS.....	17
CAPÍTULO 2 – Rizobactérias incrementam o crescimento e a qualidade das mudas de <i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. Ex DC.) Mattos.....	28
2.1 RESUMO.....	28
2.2 INTRODUÇÃO	28
2.3 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.4 RESULTADOS.....	32
2.5 DISCUSSÃO	36
2.6 CONCLUSÕES	40
2.7 AGRADECIMENTOS.....	41
2.8 REFERÊNCIAS.....	41
CAPÍTULO 3 – Promoção de crescimento de mudas de Ipê-roxo (Bignoniaceae) por inoculação de rizobactérias.....	45
3.1 RESUMO.....	45
3.2 INTRODUÇÃO	45
3.3 MATERIAL E MÉTODOS	47
3.3.1 Produção e preparo do inóculo.....	48
3.3.2 Rizobacterização do substrato.....	48

3.3.3 Variáveis de crescimento e qualidade.....	49
3.3.4 Variáveis do comportamento fotossintético	49
3.3.5 Variáveis microbiológicas	50
3.3.6 Procedimentos estatísticos	50
3.4 RESULTADOS.....	51
3.5. DISCUSSÃO	56
3.6 CONCLUSÕES	61
3.7 AGRADECIMENTOS, APOIO FINANCEIRO E DIVULGAÇÃO COMPLETA ..	61
3.8 REFERÊNCIAS.....	61
CAPÍTULO 4 – Teste de qualidade com uso de imagens de Raio-X e criopreservação em sementes de ipê-roxo.....	66
4.1 RESUMO.....	66
4.2 INTRODUÇÃO	66
4.3 MATERIAL E MÉTODOS	68
4.3.1 Raio-X na qualidade das sementes.....	69
4.3.2 Criopreservação na germinação de sementes	69
4.3.3 Procedimentos estatísticos	71
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
4.4.1 Raio-X na qualidade das sementes.....	71
4.4.2 Criopreservação de sementes	75
4.5 CONCLUSÕES	82
4.6 AGRADECIMENTOS E APOIO FINANCEIRO	82
4.7 REFERÊNCIAS.....	82

AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA CONSERVAÇÃO DE SEMENTES E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Handroanthus* spp.

RESUMO – A demanda por técnicas que visam aprimorar a qualidade de sementes e mudas é constante, especialmente quando se trata de espécies nativas, nas quais o investimento geralmente é reduzido. O trabalho buscou estudar algumas inovações tecnológicas nas espécies de ipê-amarelo - *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos e ipê-roxo - *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos. Para isso, foram estudadas três metodologias: a primeira foi o uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal, a segunda foi o uso de imagens de raio-X em sementes e a terceira foi o uso da criopreservação em sementes. O uso de bactérias promotoras de crescimento vegetal, que tem recebido destaque devido à crescente busca por tecnologias sustentáveis que impulsionem a produção agrícola global. Notadamente, as bactérias dos gêneros *Azospirillum* e *Bacillus*, frequentemente encontradas na rizosfera, demonstram uma capacidade adicional de colonizar os tecidos da parte aérea das plantas. Esse processo contribui para a resistência das plantas a estresses abióticos, além de melhorar a disponibilidade e absorção de nutrientes. Já o uso de imagens de raio-X em sementes, técnica não destrutiva amplamente empregada para avaliar características internas das sementes sem comprometer sua viabilidade ou integridade. Essa técnica permite a visualização e análise de características como tamanho, forma, integridade interna, presença de danos, estágio de desenvolvimento embrionário, teor de água e uniformidade de preenchimento. Já a terceira técnica é o uso da criopreservação em sementes que busca a conservação a longo prazo da diversidade genética de espécies vegetais. A criopreservação envolve o armazenamento das sementes em temperaturas ultrabaixas, geralmente abaixo de -196 °C em nitrogênio líquido, o que interrompe o metabolismo celular e reduz os danos causados pelo envelhecimento das sementes. Ao preservar a variabilidade genética dessas espécies, a criopreservação contribui para a conservação da biodiversidade e para a restauração de ecossistemas naturais. O primeiro objetivo foi avaliar o efeito de rizobactérias promotoras de crescimento de plantas na produção de mudas de ipê-amarelo e ipê-roxo. Para ambas as espécies, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado e os tratamentos consistiram nos microrganismos *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens* e *Azospirillum brasilense* mais a ausência de microrganismos – controle; em quatro repetições e dez plantas por parcela. A inoculação de *B. amyloliquefaciens* promoveu incremento na altura da muda, no diâmetro do coleto, no comprimento de raiz, na área foliar, na MSPA, MSR e MST, além de ter aumentado o IQD para o ipê-amarelo, o que demonstra que o uso de rizobactérias é promissor para produção de mudas dessa espécie, sendo a bactéria *B. amyloliquefaciens* o inoculante mais eficiente. Já para o ipê-roxo os inóculos *A. brasilense* e *B. subtilis* promoveram aumento no crescimento, acúmulo de biomassa, maiores níveis de qualidade e melhorias na fluorescência da clorofila em comparação com o tratamento controle, evidenciando que as rizobactérias utilizadas no presente estudo promovem o desenvolvimento, aumentam a eficiência fotossintética. O segundo objetivo deste

trabalho foi investigar a eficácia do uso da técnica de raio-X para avaliar a viabilidade de sementes de ipê-roxo. Foi utilizado equipamento de raio-X 2D KUBTEC® XPERT® 80. Após a exposição à radiação de raio-X, as sementes foram submetidas ao teste de germinação. A análise das imagens permitiu identificar que as sementes que apresentavam alto grau de desidratação ou ausência do eixo-embrionário não germinaram ou teve a formação de plântulas anormais. O terceiro objetivo do estudo foi avaliar a eficiência da criopreservação sem e com uso de soluções crioprotetoras (PVS2 e PVS3) combinadas com o floroglucinol para a preservação de sementes de ipê-roxo. Os resultados mostraram que o uso de soluções PVS2 e PVS3 não é recomendado para a espécie, no entanto, o uso somente do nitrogênio líquido é promissor para criopreservação das sementes de ipê-roxo.

Palavras-chave: plantas ornamentais, rizobactérias, qualidade de sementes e mudas, raio-X de sementes, criopreservação.

TECHNOLOGICAL ADVANCEMENTS IN SEED CONSERVATION AND PRODUCTION OF *Handroanthus* spp. SEEDLINGS

ABSTRACT – The demand for techniques aimed at improving the quality of seeds and seedlings is constant, especially when it comes to native species, where investment is usually limited. The study sought to investigate some technological innovations in the species *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex DC.) Mattos and *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos, commonly known as golden and lavender trumpet tree, respectively. For this purpose, three methodologies were studied: the first was the use of plant growth-promoting bacteria, the second was the use of X-ray imaging in seeds, and the third was the use of seed cryopreservation. The use of plant growth-promoting bacteria has received attention due to the increasing demand for sustainable technologies that boost global agricultural production. Notably, bacteria of the genera *Azospirillum* and *Bacillus*, often found in the rhizosphere, demonstrate an additional ability to colonize plant aerial tissues. This process contributes to plant resistance to abiotic stresses, as well as improving nutrient availability and absorption. X-ray imaging in seeds is a non-destructive technique widely used to evaluate internal seed characteristics without compromising their viability or integrity. This technique allows visualization and analysis of characteristics such as size, shape, internal integrity, presence of damage, embryonic development stage, moisture content, and filling uniformity. The third technique, seed cryopreservation, aims at long-term conservation of the genetic diversity of plant species. Cryopreservation involves storing seeds at ultra-low temperatures, usually below -196 °C in liquid nitrogen, which halts cellular metabolism and reduces damage caused by seed aging. By preserving the genetic variability of these species, cryopreservation contributes to biodiversity conservation and restoration of natural ecosystems. The first objective was to evaluate the effect of plant growth-promoting rhizobacteria on the production of golden and lavender trumpet tree seedlings. For both species, the experimental design was completely randomized, and treatments consisted of the microorganisms *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, and *Azospirillum brasilense* plus the absence of microorganisms - control; in four replicates and ten plants per plot. Inoculation of *B. amyloliquefaciens* promoted an increase in seedling height, stem diameter, root length, leaf area, photosynthetic rate, transpiration rate, and stomatal conductance, as well as increased seedling quality index for golden trumpet tree, demonstrating that the use of rhizobacteria is promising for seedling production of this species, with *B. amyloliquefaciens* being the most efficient inoculant. For lavender trumpet tree, inoculants *A. brasilense* and *B. subtilis* promoted growth enhancement, biomass accumulation, higher quality levels, and improvements in chlorophyll fluorescence compared to the control treatment, showing that the rhizobacteria used in this study promote development and increase photosynthetic efficiency. The second objective of this work was to investigate the effectiveness of using X-ray technique to evaluate the viability of lavender trumpet tree seeds. A KUBTEC® XPERT® 80 2D X-ray equipment was used. After exposure to X-ray radiation, the seeds were subjected to germination testing. Image analysis allowed identification that seeds with high dehydration or

absence of the embryonic axis did not germinate or had the formation of abnormal seedlings. The third objective of the study was to evaluate the efficiency of cryopreservation with and without the use of cryoprotective solutions (PVS2 and PVS3) combined with floroglucinol for the preservation of lavender trumpet tree seeds. The results showed that the use of PVS2 and PVS3 solutions is not recommended for the species; however, the use of only liquid nitrogen is promising for cryopreservation of lavender trumpet tree seeds.

Keywords: ornamental plants, rhizobacteria, quality of seeds and seedlings, seed X-ray, cryopreservation.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Família Bignoniaceae, gênero *Handroanthus* e espécies estudadas

A Bignoniaceae, composta por cerca de 82 gêneros e 840 espécies, é predominantemente Pantropical, com poucos representantes nas regiões temperadas (Lohmann, 2018). No Brasil ocorrem 33 gêneros e 406 espécies, nos biomas Amazonia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (Lohmann, 2015). As plantas desta família desempenham papel significativo em diversos aspectos econômicos, destacando-se pela qualidade de sua madeira, amplamente empregada na construção civil e na indústria madeireira, e o seu aspecto bastante explorado que é o notável potencial ornamental, despertando o interesse na inclusão das espécies em projetos paisagísticos ou na arborização urbana (Lorenzi, 2020).

Além da importância econômica, o grupo possui relevância etnobotânica e medicinal. Algumas espécies são usadas na medicina popular e farmacêutica e são aplicadas no tratamento de diversas doenças, como câncer, acidentes ofídicos, dermatose, epilepsia, cólera, mialgia, malária, problemas cardiovasculares, doenças sexualmente transmissíveis e distúrbios gastrointestinais, urinários, respiratórios, ginecológicos e hepáticos, o que faz dessas plantas uma potencial fonte de compostos bioativos, despertando interesse na indústria farmacêutica (Rahmatullah et al., 2010; Vb et al., 2015).

Originalmente, todas as espécies conhecidas como ipês eram incluídas no gênero *Tabebuia*, no entanto, a descrição de novas espécies na família e a grande variabilidade morfológica, acabaram levando a uma expansão nos limites genéricos iniciais. Assim, à medida que surgiam novos estudos, o conceito tradicional se modificava, de modo que a circunscrição original não se manteve ao longo do tempo. Visando resolver a questão, Mattos, em 1970, dividiu as espécies de ipês em dois gêneros, *Tabebuia* e *Handroanthus*, este último criado, especialmente, para os representantes brasileiros. Porém, tal interpretação foi fortemente criticada por Gentry, que tornou a posicionar todas as espécies de ipês no grupo original. No entanto, Grose e Olmstead, em 2007, propuseram, com base em estudos filogenéticos, a divisão do gênero *Tabebuia* em três novos gêneros, *Tabebuia*, *Handroanthus* e *Roseodendron*,

confirmando, em definitivo, a segregação proposta por Mattos e a existência de linhagens diferentes dentro do grupo (Santos, 2017).

O gênero *Handroanthus* apresenta 27 espécies, é nativo no Brasil, porém, não endêmico; ocorre nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal; representado por indivíduos arbóreos, raramente arbustivos, apresenta como principais características folhas compostas por 3 a 9 folíolos estreitos a ovais, cobertos por tricomas ao longo das axilas das veias. Suas flores são tubulares, variando em cores de amarelo a magenta e os frutos são cápsulas alongadas e as plantas são reconhecidas por seu cerne distintivo e pela presença de lapachol (Lohmann, 2024).

4.5 CONCLUSÕES

O uso da técnica de imagens de raio-X é promissora na avaliação da qualidade das sementes.

Os resultados indicam que o uso de soluções de vitrificação não é necessário para a criopreservação das sementes de ipê-roxo. A imersão das sementes direto em nitrogênio líquido permitiu a recuperação das plântulas sem interferência no desenvolvimento.

4.6 AGRADECIMENTOS E APOIO FINANCEIRO

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Programa Institucional de Internacionalização – CAPES - PrInt pelo apoio à presente pesquisa. Os autores declaram ainda que não há conflito de interesses na pesquisa e publicação do manuscrito

4.7 REFERÊNCIAS

Barbosa JC, Maldonado Júnior W (2015) **AgroEstat** - sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos - versão 1.1.0.711. Jaboticabal: UNESP, p. 396.

Best BP (2015) Cryoprotectant toxicity: facts, issues, and questions. **Rejuvenation research**, 18(5):422-436.

Brasil (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) - **Regras para Análise de Sementes** Brasília: MAPA.

Brasil (2013) – **Instruções para a análise de sementes de espécies florestais** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária Brasília: MAPA/ACS, 98 p.

Dell'aquila A (2007) Towards new computer imaging techniques applied to seed quality testing and sorting. **Seed Science and Technology**, 35(3):519-538.

Engelmann, F (2011) Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, 47:5-16.

Engelmann F, Dussert, S (2012) **Conservation of tropical plant species** New York, NY: Springer New York, 107-119p.

Fahy GM, Wowk B (2015) Principles of cryopreservation by vitrification. **Cryopreservation and freeze-drying protocols**, 21-82.

Fahy GM, Wowk B, Wu J, Paynter S (2004) Improved vitrification solutions based on the predictability of vitrification solution toxicity. **Cryobiology**, 48(1):22-35.

Felix FC, Medeiros JA, Pacheco MV (2018) Morfologia de sementes e plântulas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart ex DC) Mattos. **Revista de Ciências Agrárias**, 41(4):1028-1035.

Gantait S, Kundu S, Wani SH, Das PK (2016) Cryopreservation of forest tree seeds: A mini-review. **Journal of Forest and Environmental Science**, 32(3):311-322.

Gomes KBP, Matos JMM, Martins IS, Martins RCC (2016) X-ray test to evaluate the physiological potencial of *Platypodium elegans* Vog Seeds (Fabaceae). **Scientia Agropecuaria**, 7(3):305-311.

Gomes Junior FG, Duijn BV (2017) Three-dimensional (3-D) X-ray imaging for seed analysis. **Seed Testing International**, 154:48-52.

Guimarães CC, Faria JMR, Oliveira JM, Silva EAAD (2011) Avaliação da perda da tolerância à dessecação e da quantidade de DNA nuclear em sementes de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taubert durante e após a germinação. **Revista Brasileira de Sementes**, 33: 207-215.

IUCN (2020) **The Red List of Threatened Species BGCI**, Tree Specialist Group *Handroanthus impetiginosus*, 2020 Available at <https://www.iucnredlistorg/species/144297143/173394208> Accessed on: 20 Jan 2024

Lorenzi, H (2020) **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil 8 ed Nova Odessa: Instituto Plantarum, 384p.

Mazur P, Leibo SP, Seidel Júnior GE (2008) Vitrification and ultra-rapid freezing of oocytes In: **Cryopreservation and Freeze-Drying Protocols** Humana Press, p.3-17.

Medeiros ADD, Araújo JDO, León MJZ, Silva LJD, Dias DCFDS (2018) Parameters based on X-ray images to assess the physical and physiological quality of *Leucaena leucocephala* seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, 42:643-652.

Nishizawa S, Sakai A, Amano Y, Matsuzawa T (1993) Cryopreservation of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) embryogenic suspension cells and subsequent plant regeneration by vitrification. **Plant Science**, 91(1):67-73.

Oliveira RS, Souza FVD, Santos IL, Souza SDO, Aona LYS, Souza EH (2021) Cryopreservation and low-temperature storage of seeds of *Tillandsia* species (Bromeliaceae) with ornamental potential. **3 Biotech**, 11(4):186.

Paula JCB, Guariz HR, Ribeiro Júnior WA, Shimizu GD, Faria RT, Oliveira HC (2022a) Cryopreservation of seeds of the Brazilian native species Aroeira-do-sertão (*Astronium urundeuva* M Allemão Engl). **Revista Caatinga**, 35:915-924.

Paula JCB, Ribeiro Júnior WAR, Shimizu GD, Faria RT (2022b) Criopreservação de sementes de espécies brasileiras do gênero *Dyckia* (Bromeliaceae). **Iheringia**, Série Botânica, 77.

Paula JCB, Ribeiro Júnior WAR, Shimizu GD, Men GB, Faria RT (2020) Cryopreservation in liquid nitrogen of Brazilian orchid seeds *Miltonia flavescens* Lindl. **Revista Agro@mbiente** On-line, 14.

Pereira WVS, Faria JMR, Tonetti OAO, Silva EAA (2014) Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* durante a germinação. **Brazilian Journal of Biology**, 74:501-508.

Pimenta JMA, Souza WMATD, Ferrari CDS, Vieira FDA, Fajardo CG, Pacheco MV (2023) Selection of *Handroanthus impetiginosus* mother trees to support seed collection areas. **Revista Árvore**, 47:e4706.

Pinheiro DT, Medeiros AD, Santos Neri Soares TF, Pereira Capobianco N, Dias DCTF (2022) Image analysis using X-ray to evaluate seed quality of *Anadenanthera peregrina* (L) Speg. **Ciência Florestal** (01039954):32(3).

R core team (2018) **R: A language and environment for statistical computing** R Foundation for Statistical Computing, Austria.

Roque-Borda CA, Kulus D, Souza AV, Kaviani B, Vicente EF (2021) Cryopreservation of agronomic plant germplasm using vitrification-based methods: An overview of selected case studies. **International Journal of Molecular Sciences**, 22(11):6157.

Sakai A, Engelmann F (2007) Vitrification, encapsulation-vitrification and droplet-vitrification: a review. **CryoLetters**, 28(3):151-172.

Sakai A, Kobayashi S, Oiyama, I (1990) Survival by vitrification of nucellar cells of navel orange (*Citrus sinensis* var *brasiliensis* Tanaka) cooled to -196 C. **Journal of Plant Physiology**, 137(4):465-470.

Salomão AN, Santos IRI, José SCBR (2020) Cryopreservation of *Pyrostegia venusta* (Ker Gawl) Miers seeds. **Hoehnea**, 47: e1042019.

Santana BÍD, Paiva R, Reis MVD, Vilas-Boas LV, Matos EM Campos, JMSD (2024) Seed cryopreservation without vitrification (PVS2) induces oxidative stimuli to promote endoreplication in red pitaya seedlings. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, 156(1):11.

Silva JAT, Dobránszki J, Ross S (2013) Phloroglucinol in plant tissue culture. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, 49: 1-16.

Silva JDJ, Alencar SDS, Gomes RA, Matias JR, Pelacani CR, Dantas BF (2022) Conservation and physiological quality of *Handroanthus spongiosus* (Rizzini) S Grose (Bignoniaceae) seeds. **Journal of Seed Science**, 44:e202244007.

Silva PP, Freitas RA, Cícero SM, Marcos Filho J, Nascimento WM (2014) Image analysis to associate morphological and physiological characteristics in pumpkin seeds. **Horticultura Brasileira**, 32:210-214.

Silva-Junior OB, Grattapaglia D, Novaes E, Collevatti RG (2018) Genome assembly of the Pink Ipê (*Handroanthus impetiginosus*, Bignoniaceae), a highly valued, ecologically keystone Neotropical timber forest tree. **Gigascience**, 7(1):gix125.

Simak, M (1991) **Testing of forest tree and shrub seeds by X-radiography**. Tree and shrub seed handbook, 1,1-28.

Souza, R R D, Paiva, P D D O, Freitas, R T D, Silva, D P C D, Reis, M V D, Nery, F C, Paiva, R (2023) Cryopreservation of *Genipa americana* seeds. **Revista Ciência Agronômica**, 54:e20228531.

Stegani V, Alves GAC, Bertonecelli DJ, Faria RTV (2017) Criopreservação de sementes de rainha do abismo (*Sinningia leucotricha*). **Ornamental Horticulture**, 23:15-21.

Velasco-García MV, Hernández-Arroyo DG, Muñoz-Gutiérrez L, Castillo-Martínez C R, Vallejo-Reyna MÁ, García-Campusano F (2022) Seed cryopreservation of *Cedrela odorata* L: germination and early nursery establishment. **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**, 13(69):31-55.

Vendrame W, Takane R, Cardoso L, Alvarez L, Tadeu R (2020) Cryopreservation of seeds of *Melocactus zehntneri* Braun ex Ritter f and *Cereus gounellei* Luetzelb ex Schum k by the vitrification method. **Agronomy Science and Biotechnology**, 6:1-7.

Vendrame WA, Faria RT (2011) Phloroglucinol enhances recovery and survival of cryopreserved *Dendrobium nobile* protocorms. **Scientia Horticulturae**, 128(2):131-135.

Zhang MJ, Wang YZ, Xian Y, Cui CC, Xie XM, Tong BQ, Han B (2023) Desiccation Sensitivity Characteristics and Low-Temperature Storage of Recalcitrant *Quercus variabilis*. **Seed Forests**, 14(9):1837.