



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BOTÂNICA
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Rafael Krug Giacomini

**Qualidade e comportamento fisiológico de sementes de *O. porosa* submetidas
à dessecação: um olhar para a conservação da espécie**

Florianópolis
2024

Rafael Krug Giacomini

Qualidade e comportamento fisiológico de sementes de *O. porosa* submetidas à dessecação: um olhar para a conservação da espécie

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Ciências Biológicas do Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Neusa Steiner, Dr.^a

Florianópolis

2024

Giacomini, Rafael Krug

Qualidade e comportamento fisiológico de sementes de *O. porosa* submetidas à dessecação : um olhar para a conservação da espécie / Rafael Krug Giacomini ; orientadora, Neusa Steiner, 2024.

38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Graduação em Ciências Biológicas, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Ciências Biológicas. 2. Fisiologia do desenvolvimento. 3. Conservação. 4. Sementes. 5. Tolerância à dessecação. I. Steiner, Neusa. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Ciências Biológicas. III. Título.

Rafael Krug Giacomini

**Qualidade e comportamento fisiológico de sementes de *O. porosa* submetidas
à dessecação: um olhar para a conservação da espécie**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Ciências Biológicas.

Florianópolis, 09 de dezembro de 2024

Coordenação do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Neusa Steiner, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. José Marcio Rocha Faria, Dr.
Universidade Federal de Lavras

Loisiana Feuser dos Santos, Ma.
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2024

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à UFSC e ao curso de biologia por ter sido palco de muitas mudanças na minha vida ao longo desses vários anos de graduação. Esse curso, além de ter facilitado muitas relações importantes, me proporcionou um novo olhar sobre o mundo, um olhar que hoje me norteia e impulsiona para onde fizer sentido, repleto de curiosidade, generosidade, incertezas e afeto.

Agradeço também à minha orientadora, Neusa Steiner, por suas palavras de encorajamento e confiança, por sua comunicação direta e honesta e pelas conversas e viagens a campo que enriqueceram para mim o mundo da agronomia, das sementes e principalmente o mundo científico. Agradeço, por fim, pela oportunidade de fazer parte do Laboratório de Fisiologia Vegetal, ambiente que me trouxe muita prática, ensinamentos e confiança.

Agradeço à Nani pela companhia ao longo de muitos experimentos puxados, que além de cansaço e dados (na maioria deles pelo menos) renderam muitas conversas proveitosas. Ao longo desse tempo trabalhando juntos, passei a me identificar muito contigo e admirar teu posicionamento frente à vida. Sou muito grato pelas palavras de confiança que sempre me deram motivação para continuar me esforçando e acreditando em mim mesmo. Agradeço também pelos vários ensinamentos práticos e pela paciência que teve comigo no laboratório.

Por fim, termino meus agradecimentos ao pessoal que integrou o LaFisio enquanto estive por lá, principalmente Dani Silva e Guilherme, por terem contribuído com minha experiência de laboratório e pesquisa.

Ainda na botânica, sou muito grato à professora Makeli, pela oportunidade de conhecer novas áreas de pesquisa e principalmente pelo apoio e carinho em momentos de dúvida. Agradeço ao professor Paulo Miotto por me introduzir à pesquisa e à fisiologia vegetal, e por suas aulas fantásticas que despertaram em mim o gosto pela fisiologia. Agradeço, por fim, ao LAVeg e ao Micolab por agregarem em minha experiência e me permitirem descobrir mais áreas do conhecimento.

Quero agradecer também às pessoas que estiveram mais próximas de mim ao longo desses últimos anos. Mesmo com a distância que vai e vem, nutro um forte carinho por cada um.

Agradeço aos meus amigos, companheiros já de muitos tempos, Olívia e Leo, pela amizade que acompanhou muitos momentos da minha vida e me moldaram em quem sou hoje. Agradeço ao Gustavo, pela amizade em constante transformação e pelas muitas trocas de ideias e reflexões que me direcionaram no caminho de quem busco ser, principalmente nos últimos anos.

Agradeço aos meus colegas de graduação, Nicolas e Estela, pessoas que, desde o começo dessa jornada, me identifiquei e passei a me identificar cada vez mais, mesmo que muitas vezes a distância, sinto muito apreço e admiração. Agradeço Bru Weruk, por sempre me inspirar e por me mostrar as possibilidades de uma expressão mais autêntica.

Agradeço também a todos os meus companheiros de biodança, pelo carinho e pelas inúmeras danzas, agradeço por proporcionarem momentos gostosos que me permitiram muita prática e exploração.

Por fim, agradeço à minha família que sempre fez parte da minha jornada e continuará por muito mais. Agradeço pai e mãe por todo suporte e paciência desde sempre, obrigado por serem sempre minhas referências de generosidade com o mundo. Agradeço mana, pelo companheirismo de muitos momentos gostosos e por compreender meu jeito de ser. Saiba que admiro muito quem tu é e tua coragem diante do mundo, e mesmo com discordâncias no enxergar das coisas, sempre me sinto confortável e em repouso na tua presença. Agradeço também, Márcio e Flávia pela companhia de dias de descanso, acampamentos e jogatinas. Agradeço a vocês também pela paciência com muitos planos que foram adiados e adiados, principalmente nesse último ano que trouxe muito caos e transformações.

*“To know that you do not know is the best.
To think you know when you do not is a disease.
Recognizing this disease as a disease is to be free of it.”*
(Tao Te Ching, capítulo 71, Lao Tzu)

RESUMO

Nativa da Mata Atlântica e integrante da família Lauraceae, *Ocotea porosa* ou Imbuia é uma árvore de grande importância econômica, cultural e ecológica. Seus frutos provêm alimento para uma diversidade de espécies animais e sua madeira é utilizada para a produção de mobiliário de luxo. Devido à exploração humana, a espécie se encontra em risco de extinção. Considerando seu local de origem e sua família botânica, as sementes da espécie apresentam grande probabilidade de sensibilidade à dessecação, característica que dificulta o armazenamento destas a longo prazo. Para que a espécie supere o risco de extinção, se faz necessário estudar a fisiologia de suas sementes, para que sejam desenvolvidos procedimentos adequados de germinação e armazenamento a serem utilizados para a produção de mudas e para a sua conservação ex situ. Foi realizada coleta de frutos e caracterização de suas sementes quanto ao seu tegumento, seu perfil de poliaminas e seu comportamento frente à dessecação e ao armazenamento. Sementes com conteúdo de água preservado apresentaram germinação baixa, devido à dormência de seu tegumento, enquanto sementes que passaram por dessecação mínima conseguiram superar essa dormência e manter uma taxa germinativa satisfatória. Já sementes que passaram por dessecação intensa, mas ainda mantendo conteúdo de água acima do descrito na literatura, perderam sua capacidade germinativa. Isso demonstra elevada sensibilidade à perda de água pela semente. Os dados obtidos neste estudo expandem o entendimento de sementes recalcitrantes e servem de base para futuros estudos de conservação ex situ de *Ocotea porosa*.

Palavras-chave: Imbuia; Semente; Recalcitrante; Tolerância à dessecação.

ABSTRACT

Native to the Atlantic Forest and a member of the Lauraceae family, *Ocotea porosa* or Imbuia is a tree of significant economic, cultural, and ecological importance. Its fruits provide food for a wide variety of animal species, and its wood is used for luxury furniture production. Due to human exploitation, the species is at risk of extinction. Given its native habitat and botanic family, the seeds of this species have a high probability of desiccation sensitivity, a characteristic that complicates their long-term storage. To help the species overcome the risk of extinction, it is necessary to study the physiology of its seeds to develop appropriate germination and storage protocols for seedlings production and ex situ conservation. Fruit collection and seed characterization were carried out, focusing on seed coat structure, polyamine profile, and behavior under desiccation and storage. Seeds with preserved water content exhibited low germination due to seed coat dormancy, while seeds that underwent minimal desiccation were able to overcome this dormancy and maintain a satisfactory germination rate. However, seeds subjected to intense desiccation, although still retaining water content above values reported in the literature, lost their germinative capacity. This indicates high sensitivity to water loss in the seeds. The data obtained in this study expand our understanding of recalcitrant seeds and provide a foundation for future ex situ conservation studies of *Ocotea porosa*.

Keywords: Imbuia; Seed; Recalcitrant; Desiccation tolerance.

LISTA DE SIGLAS

ABA	Ácido Abscísico
CA	Conteúdo de Água
CAD	Cadaverina
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IVG	Índice de Velocidade de Germinação
PA _s	Poliaminas
PUT	Putrescina
SPD	Espermidina
SPM	Espermina

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	16
2.1 OBJETIVO GERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 COLETA E PROCESSAMENTO.....	17
3.2 BIOMETRIA.....	17
3.3 TESTE DE TETRAZÓLIO.....	17
3.4 TESTE DE GERMINAÇÃO.....	18
3.5 TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO.....	18
3.6 AVALIAÇÃO DE PLÂNTULAS.....	19
3.7 ANÁLISE DE POLIAMINAS.....	19
4 RESULTADOS.....	21
5 DISCUSSÃO.....	28
6 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A degradação de ambientes florestais é uma prática humana antiga, com cerca de um terço das florestas do planeta tendo sido destruídas desde o início do processo civilizatório (RITCHIE, 2021). Mas essa prática vem se intensificando, e junto dela o avanço do aquecimento global provocado pela emissão de gases. Ironicamente, as florestas possuem o importante papel de sequestro do CO₂ da atmosfera. Portanto, com o aumento constante da emissão de gases, somado à destruição dos ambientes que poderiam ciclar esses gases, percebemos que algo precisa ser feito para sairmos dessa espiral destinada à extinção de milhões de espécies, incluindo a nossa.

Apesar de entendermos a importância das florestas, elas interagem com seus ecossistemas de formas que ainda não compreendemos totalmente. Em um editorial da revista *Nature* (2022), são analisados diferentes estudos, os quais mostram que ainda desconhecemos muito sobre como o comportamento das árvores e o sequestro de CO₂ varia, pois estes estão sujeitos a inúmeros fatores ambientais. Dessa forma, se quisermos preservar e regenerar as florestas e utilizá-las para reduzir os impactos do aquecimento global, precisamos primeiro entender como suas interações funcionam.

A Mata Atlântica é uma região fitogeográfica já bastante marcada pela perda de suas florestas, consequência da urbanização e expansão agrária. Essa região é marcada por ser um hotspot de biodiversidade, que oferece uma gama de serviços ecossistêmicos e possui papel direto na regulação do clima global (SCARANO; CEOTTO, 2015), o que torna ela fundamental para o ser humano e inúmeras outras espécies. A Mata Atlântica se estende ao longo do litoral brasileiro de Sul a Nordeste, compreendendo 17 estados (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE, 2023). Em grande parte de sua extensão, a Mata Atlântica é composta por florestas úmidas, as quais favorecem fitofisionomias específicas adaptadas à grande disponibilidade de água. A germinação, processo que é iniciado pela embebição de água pela semente (BEWLEY; BLACK, 1994), é altamente favorecida por essa condição. Isso resulta em uma alta taxa de germinação desde o momento em que as sementes são dispersas, fazendo com que estas sementes fiquem menos tempo expostas a fatores externos como a dessecação.

Frente à dessecação, as sementes podem apresentar diferentes respostas comportamentais. Em 1973, Roberts classificou as sementes em ortodoxas ou recalcitrantes quanto à sua resposta à secagem e ao armazenamento (HONG; ELLIS, 1996), as ortodoxas teriam a capacidade de suportar a perda de água até 0,07 gH₂O/gMS e as recalcitrantes seriam sementes que perdem sua viabilidade ao passar por uma perda substancial do seu conteúdo de água, com cerca de 0,2 gH₂O/gMS (WALTERS, 2015). Essa classificação foi posteriormente aprimorada com as sementes intermediárias, mas hoje se sabe que essas caixas, ainda que muito utilizadas, não representam tão bem o que é encontrado na natureza. A ideia mais adequada seria um gradiente entre sementes tolerantes e intolerantes à dessecação (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990; BARBEDO; CENTENO; RIBEIRO, 2013).

A capacidade de tolerar dessecação é uma habilidade que pode proporcionar grande longevidade, algumas espécies apresentam sementes que podem ultrapassar mil anos de idade (BUITINK; LEPRINCE, 2008). Essa longevidade permite uma estratégia comum para a conservação de espécies ortodoxas, que é o armazenamento de suas sementes em baixa temperatura, isso porque estas não possuem água passível de congelamento em seu interior (BERJAK; PAMMENTER, 2013). Já organismos com sementes recalcitrantes não suportam a dessecação e congelamento necessários para esse método, portanto é necessário o desenvolvimento de estratégias para conservação de espécies desta categoria (LI; PRITCHARD, 2009).

Acredita-se que essa tolerância seja uma estratégia desenvolvida por pressão seletiva que surgiu diversas vezes ao longo da evolução, isso porque ela se dá por uma série de diferentes adaptações (LEPRINCE; BUITINK, 2015). Apesar de a estratégia ter sido decisiva para a conquista de ambientes terrestres com baixa umidade, alguns grupos eventualmente perderam essa habilidade, o que provavelmente ocorreu com o favorecimento de uma germinação acelerada e um rápido estabelecimento de plântulas (MARQUES *et al.*, 2018). Portanto, florestas úmidas como a Mata Atlântica, que dispõem de muita água, são ecossistemas ideais para espécies que perderam essa tolerância.

Essa ideia vai de acordo com o que é sugerido por Wyse e Dickie (2017), que através de um modelo estimam que 47% das espécies de florestas tropicais

chuvosas, como a Mata Atlântica, apresentam sementes sensíveis à dessecação. Os pesquisadores ainda estimam que esse comportamento represente somente 4% das espécies vegetais estudadas e disponíveis em bases de dados.

Além de ambientes úmidos, outra característica que auxilia no sucesso de sementes intolerantes à dessecação é a carnosidade de seus frutos. Frutos carnosos e sementes recalcitrantes são características correlacionadas encontradas juntas (GARWOOD, 1989), e ambas podem indicar a presença de um elevado conteúdo de água, para o pericarpo do fruto e para a semente, respectivamente. Ao encapsular a semente em um pericarpo altamente úmido, o fruto carnoso contribui para manutenção da umidade da semente (BANNISTER; BIBBY; JAMESON, 1996).

Outra característica que vale ser destacada é a dormência, que age como uma barreira temporal para a germinação, prorrogando-a para que aconteça no momento mais favorável (BEWLEY, 1997). Portanto, a dormência pode apresentar características contrárias à recalcitrância, já que esta última proporciona uma germinação imediata, o que torna a combinação dessas características algo incomum e pouco estudado (TWEDDLE *et al.*, 2003; SILVA *et al.*, 2014; DIAS *et al.*, 2024). Apesar de ser pouco estudada a combinação de dormência e sensibilidade à dessecação, de acordo com um levantamento feito por Jaganathan (2021) a família Arecaceae apresenta alta incidência dessa combinação.

Um importante fator na resistência a estresses por espécies vegetais é o seu conteúdo de poliaminas endógenas (KIEŁKOWSKA; ADAMUS, 2021). Essas moléculas vêm sendo descritas na literatura por auxiliarem em processos fisiológicos das plantas contra estressores, inclusive ambientes secos (YANG *et al.*, 2007). Dessa forma, a análise do perfil de poliaminas pode fornecer informações importantes no que diz respeito a sua tolerância a fatores de estresse. As principais poliaminas encontradas em plantas são a putrescina (Put), espermidina (Spd) e espermina (Spm) (MINOCHA; MAJUMDAR; MINOCHA, 2014). Cadaverina (Cad), por sua vez, é menos frequente, mas apresenta importante papel na proteção contra estressores bióticos (JANCEWICZ; GIBBS; MASSON, 2016).

Tendo em vista a falta de estudos sobre espécies sensíveis à dessecação, existe uma demanda de informações sobre esse tipo de sementes, para que elas

possam ser melhor compreendidas e para que possam ser desenvolvidas estratégias de armazenamento adequadas.

Na Mata Atlântica se encontram diversas espécies representantes da família Lauraceae, grupo esse que apresenta grande incidência de sementes recalcitrantes (WYSE; DICKIE, 2017). Uma dessas espécies é a *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso, popularmente conhecida como imbuia ou canela-imbuia. Seus indivíduos possuem porte arbóreo chegando até 20 metros de altura e com 50 a 150 cm de diâmetro à altura do peito (CARVALHO, 2003). Ocorre de forma natural nas regiões Sul e Sudeste, desde o Rio Grande do Sul até Minas Gerais, sendo uma espécie característica da Floresta Ombrófila Mista (CARVALHO, 2003), portanto encontrada predominantemente no Paraná e Santa Catarina, estado em que é considerada árvore símbolo.

Seus frutos carnosos são utilizados na dieta de aves e pequenos mamíferos e sua madeira, pesada e resistente a fungos, apresenta grande valor socioeconômico pela sua utilização para confecção de mobiliário de luxo (BAITELLO *et al.*, 2003). A elevada qualidade de sua madeira, levou, porém, à grande procura e exploração desse recurso, levando a espécie ao risco de extinção. Atualmente a espécie se encontra ameaçada, sendo classificada como “Em Perigo” na Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (MMA, 2014) e “Vulnerável” na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN.

As sementes da espécie apresentam dormência física, caracterizada pelo seu tegumento impermeável (DIAS; FREIRE, 2017). Dessa forma, considerando a possibilidade de recalcitrância, *O. porosa* pode apresentar a pouco estudada estratégia que é a combinação de dormência e sensibilidade à dessecação.

A semente de *Ocotea porosa* pode ser considerada um excelente objeto de estudo, visto a importância ecológica e socioeconômica da espécie, e também pela possibilidade de que o entendimento de sua fisiologia contribua para o entendimento de todo um grupo de plantas que apresentam esta estratégia de germinação pouco estudada.

Dessa forma, o presente trabalho investigou as características morfológicas e fisiológicas de sementes de *Ocotea porosa*, dando destaque ao seu

comportamento frente à dessecação, germinação e a viabilidade de seu armazenamento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi estudar a qualidade e o comportamento fisiológico de sementes de *O. porosa* submetidas à dessecação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estudar a viabilidade, vigor e qualidade fisiológica de sementes de *O. porosa*.
2. Estabelecer o protocolo de germinação de sementes de *O. porosa*.
3. Identificar o limite de tolerância à dessecação de sementes de *O. porosa*.
4. Integrar os conhecimentos acima citados com estratégias de conservação para *O. porosa*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 COLETA E PROCESSAMENTO

Os frutos contendo as sementes foram coletados em Ponte Serrada-SC. Os frutos com as sementes foram armazenados frescos em sacos ziplock dentro de geladeira à 8 °C até a realização do experimento.

3.2 BIOMETRIA

Com auxílio de uma balança semi-analítica foram pesados 20 frutos e suas respectivas sementes após serem despulpadas manualmente.

3.3 TESTE DE TETRAZÓLIO



Figura 1. Sementes de *O. porosa* seccionadas expostas ao teste de tetrazólio. **a)** Reação mínima, somente no eixo embrionário, considerada inviável. **b)** Reação completa, em todos tecidos da semente, considerada viável.

O teste de tetrazólio foi empregado com o objetivo de indicar a viabilidade das sementes armazenadas, através da presença de células vivas. As sementes foram divididas em 3 repetições de 10 unidades e foram submersas em solução de tetrazólio 1% durante 2 horas a 35 °C. Quando apresentavam tecido corado de rosa

eram consideradas vivas (Figura 1). O teste foi realizado em sementes frescas e armazenadas em geladeira à 8 °C por 30, 40, 50 e 60 dias.

3.4 TESTE DE GERMINAÇÃO

Foram realizados testes de germinação para sementes dessecadas com Conteúdo de Água (CA) de 0,52, 0,43, 0,31 e 0,21 gH₂O/gMS e com tegumento, e sementes com CA preservado (0,59 gH₂O/gMS) com e sem tegumento. Para os tratamentos com sementes dessecadas estas passaram primeiro pela dessecação em sílica, conforme será descrito no item seguinte, e para o tratamento de sementes sem tegumento este foi removido com auxílio de um bisturi.

Após preparado cada tratamento foi realizada a desinfecção das sementes com um método adaptado de Fantinel et al. (2017), em que as sementes foram mergulhadas em álcool 70% por 1 minuto e em solução de hipoclorito 10% por 10 minutos, seguido de 3 lavagens com água destilada autoclavada.

Depois de desinfetadas, as sementes foram germinadas usando rolos de 3 folhas de papel germitest umedecido, os rolos de cada tratamento foram colocados juntos em um saco plástico, e foram mantidos em câmara de germinação BOD à 27 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas por 60 dias (RODRIGUES *et al.*, 2022). Foi feito umedecimento ocasional dos rolos com água destilada autoclavada.

Foram avaliados o número e a velocidade das sementes germinadas para a obtenção da Taxa de Germinação (%) e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG) respectivamente. As sementes foram consideradas germinadas ao apresentar 2 mm de protrusão da radícula (ISTA, 2020).

3.5 TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO

Para a análise de tolerância à dessecação, primeiro foi montada uma curva de dessecação e então foram feitos testes de germinação a partir de diferentes pontos desta curva.

Para a construção da curva, 10 sementes de *O. porosa* foram submetidas à dessecação em recipiente hermeticamente fechado com sílica gel, renovada periodicamente, em temperatura ambiente (cerca de 27 °C) (VIANA, 2020). Durante a primeira hora, as sementes foram pesadas em balança semi-analítica nos seguintes tempos: 0, 15, 30 e 60 minutos. Após isso foram pesadas a cada hora por 12 horas, então a cada 12h por 4 dias e a cada 24h por 8 dias (DOS SANTOS, 2024). Essas pesagens indicaram a massa fresca de cada tempo.

Após todas as pesagens, as sementes foram levadas à estufa à 105 °C por 24h para obtenção da massa seca. Com a massa fresca (MF) e massa seca (MS) foram obtidos os conteúdos de água (CA) de cada tempo a partir da seguinte fórmula:

$$CA \text{ (gH}_2\text{O/gMS)} = (MF-MS)/MS$$

Então foram escolhidos 4 pontos da curva de dessecação (0,52, 0,43, 0,31 e 0,21 gH₂O/gMS) para a montagem de 4 tratamentos de teste de germinação conforme descrito no item anterior.

3.6 AVALIAÇÃO DE PLÂNTULAS

As plântulas foram avaliadas a partir dos testes de germinação, após decorridos os 60 dias do seu cultivo. Sementes germinadas apresentaram a protrusão da radícula de 2mm. O crescimento da parte aérea e raiz foi avaliado com auxílio de uma régua.

3.7 ANÁLISE DE POLIAMINAS

A análise qualitativa e quantitativa de poliaminas (PAs) foi realizada usando a metodologia descrita por Steiner *et al.* (2007). Para isso, 3 réplicas de 200 mg de massa seca de uma mistura de 5 sementes foram moídas usando 1,5 mL de ácido perclórico 5% (v/v). A análise das amostras foi feita por HPLC e a detecção de PAs realizada usando um detector de fluorescência a 340 nm (excitação) e 510 nm (emissão). As áreas dos picos e os tempos de retenção foram comparados com os

padrões de PAs, incluindo putrescina (Put), cadaverina (Cad), espermidina (Spd) e espermina (Spm). A concentração final das PAs foi expressa em mg/gMS.

4 RESULTADOS

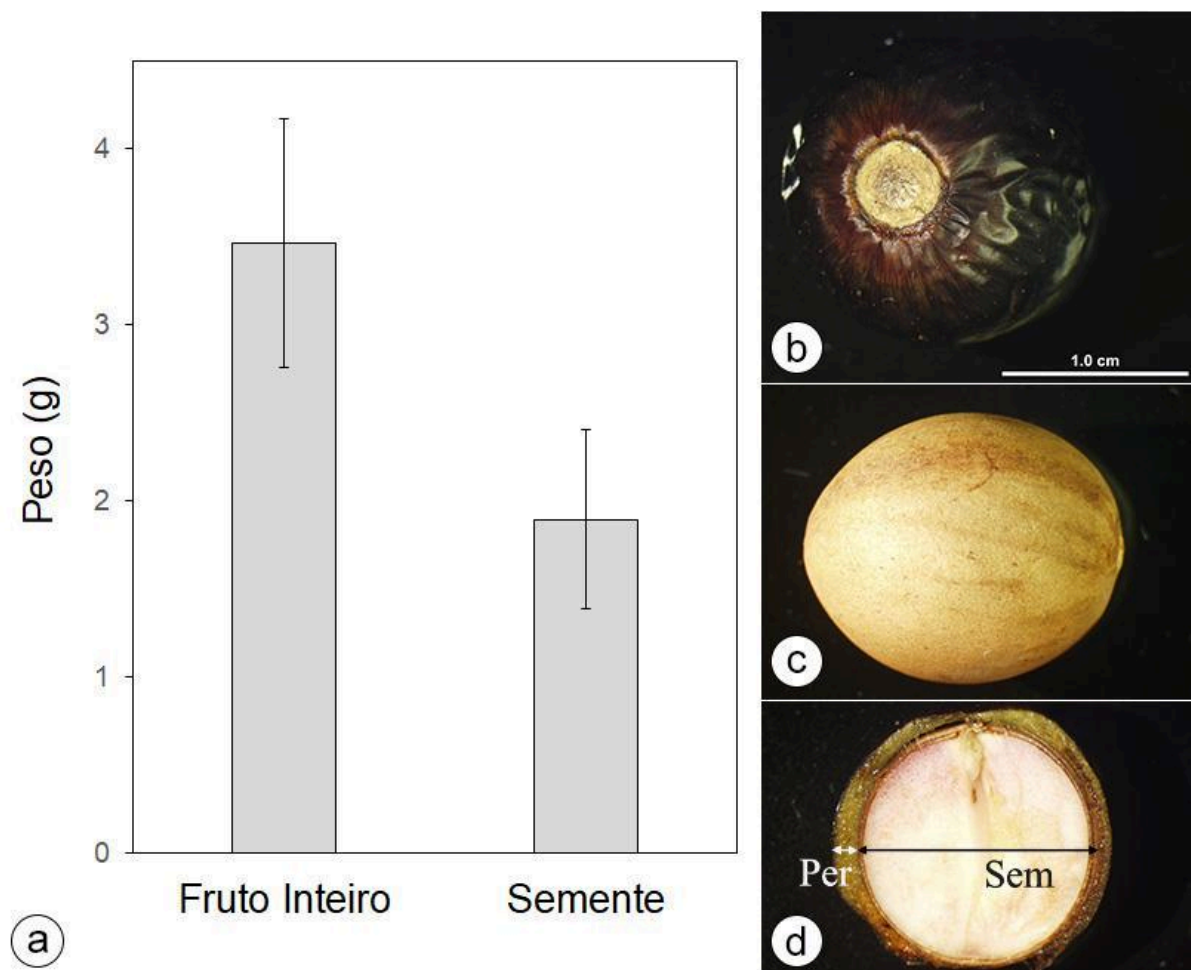


Figura 2. Biometria de *O. porosa*. **a)** Peso de frutos e sementes. **b)** Fruto inteiro. **c)** Semente. **d)** Secção transversal de fruto contendo pericarpo (Per) e semente (Sem).

A partir da biometria dos frutos inteiros contendo a semente e das sementes despulpadas, foram obtidos pesos médios de 3,5 e 1,9 gramas respectivamente (Figura 2a). O fruto de *O. porosa* apresenta pericarpo de espessura reduzida quando comparado ao diâmetro da semente (Figura 2d).

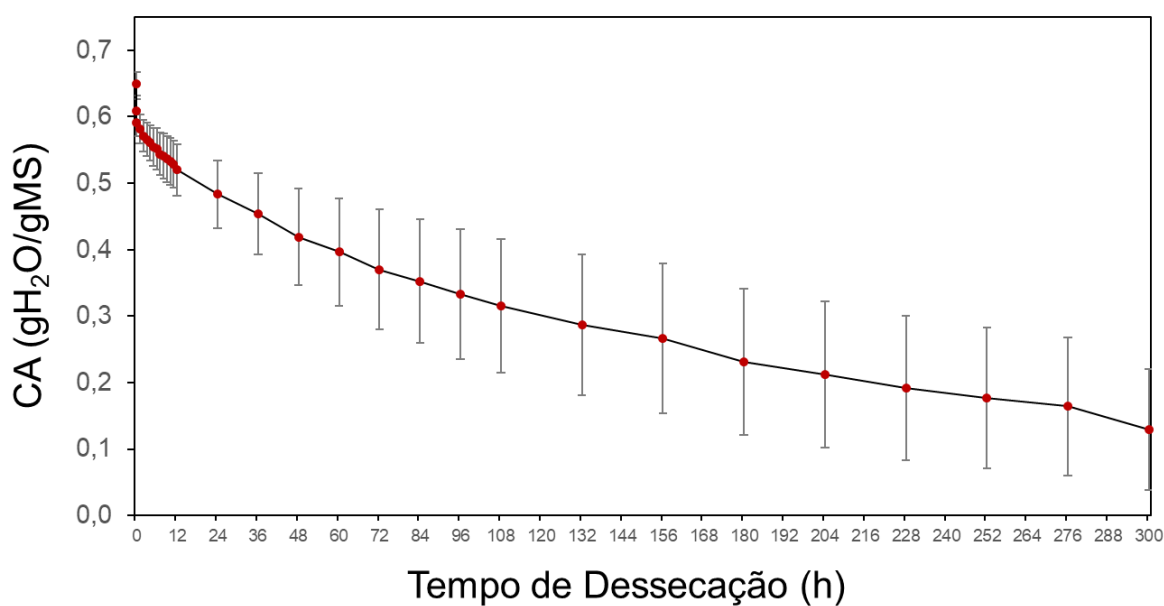


Figura 3. Conteúdo de água de sementes de *O. porosa* em função do tempo de dessecação.

O conteúdo de água inicial médio foi de 0,65 gH₂O/gMS, seguido de uma dessecação brusca nos primeiros 30 minutos resultando em 0,59 gH₂O/gMS (Figura 3). Após a metade da primeira hora a perda de água se torna lenta e gradual (Figura 3).

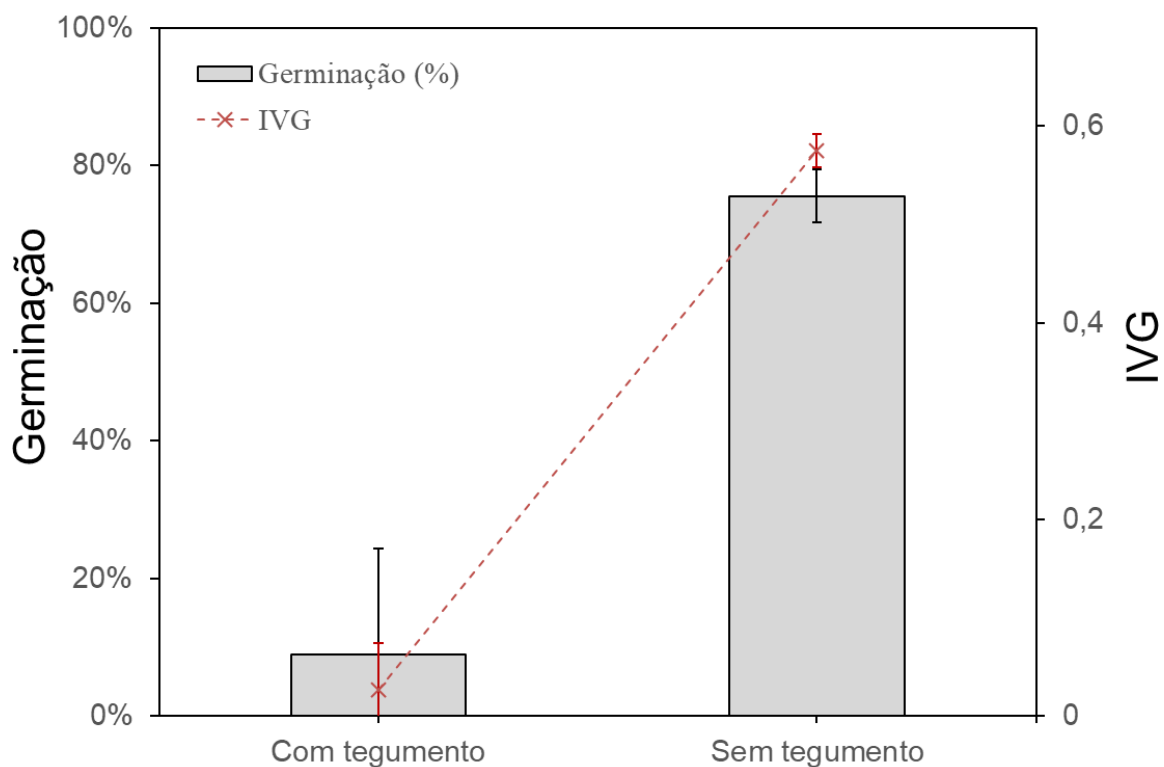


Figura 4. Taxa de germinação de sementes com e sem tegumento e com conteúdo de água preservado (0,59 gH₂O/gMS), e seus respectivos índices de velocidade de germinação (IVG) no eixo secundário.

Foi encontrada uma diferença expressiva na taxa de germinação de sementes com e sem tegumento, sendo elas respectivamente 8,9% e 75,6% (Figura 4). Seus índices de velocidade de germinação (IVG) foram 0,027 e 0,575 respectivamente (Figura 4).

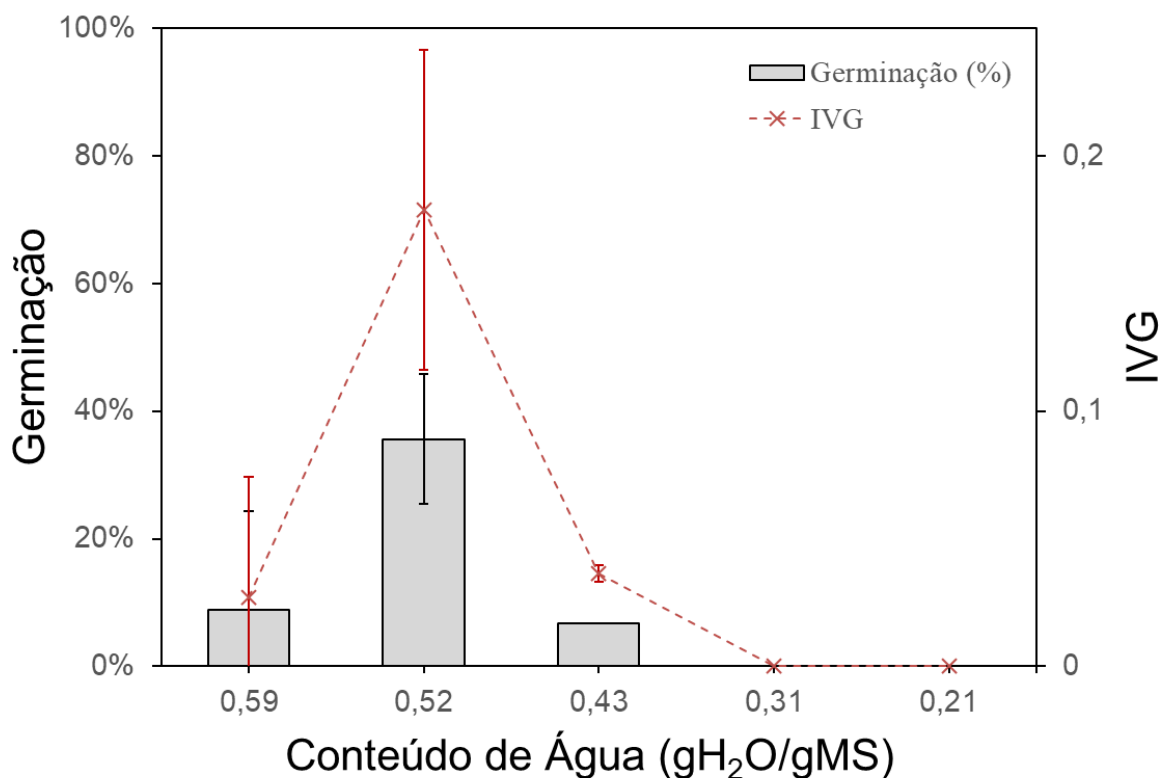


Figura 5. Taxa de germinação de sementes de *O. porosa* com conteúdo de água de 0,59, 0,52, 0,43, 0,31 e 0,21 gH₂O/gMS, e seus respectivos índices de velocidade de germinação (IVG) no eixo secundário.

As sementes com conteúdo de água preservado (0,59 gH₂O/gMS) apresentaram taxa germinativa de 8,9% e IVG de 0,027, após submetidas a uma pequena dessecação, chegando a 0,52 gH₂O/gMS, a taxa germinativa subiu para 35,6% e IVG para 0,179 (Figura 5). Depois de uma dessecação mais intensa esses valores foram de 6,7% e 0,036 respectivamente para conteúdo de água de 0,43 gH₂O/gMS e nulos para 0,31 e 0,21 gH₂O/gMS (Figura 5).

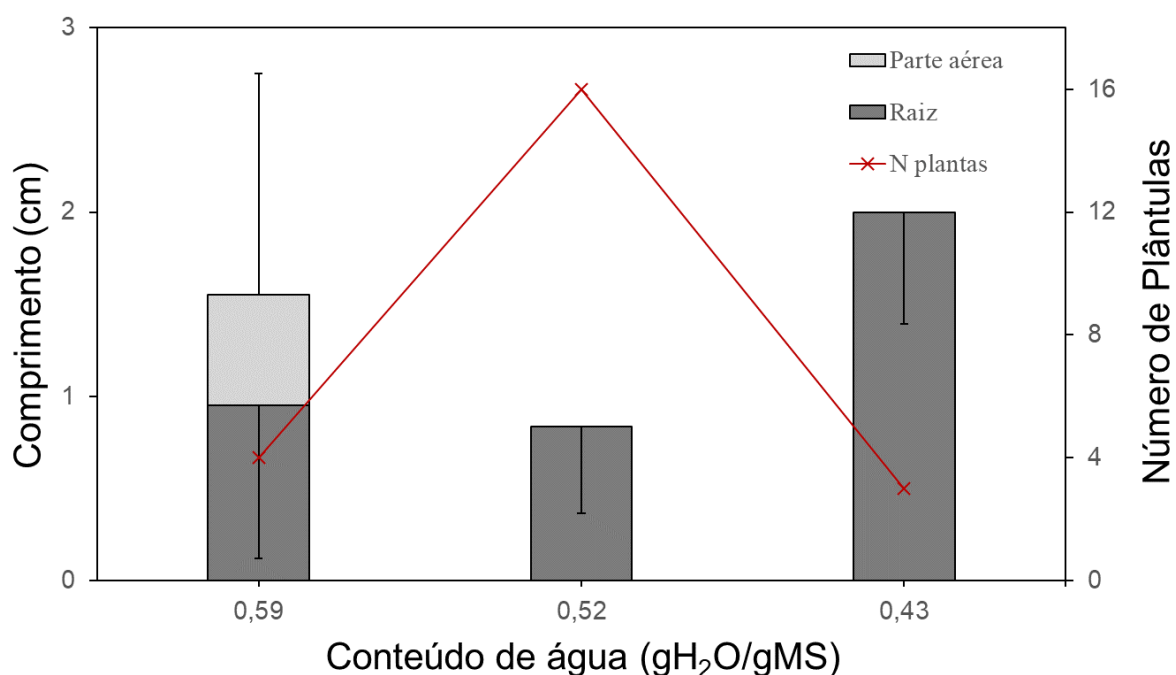


Figura 6. Comprimento da parte aérea e raiz de plântulas de *O. porosa* após 2 meses de germinação. Número de plântulas germinadas amostradas representado no eixo secundário.

As plântulas desenvolvidas a partir dos testes de germinação apresentaram os seguintes comprimentos médios: 0,6 cm de parte aérea e 0,95 cm de raiz nos testes de sementes com 0,59 gH₂O/gMS, e raiz com 0,84 e 0,61 cm a partir de sementes com 0,52 e 0,43 gH₂O/gMS respectivamente (Figura 6). O teste de sementes com conteúdo de água preservado (0,59 gH₂O/gMS) apresentou apenas uma plântula com parte aérea desenvolvida de um total de quatro, enquanto os outros tratamentos não apresentaram nenhuma.

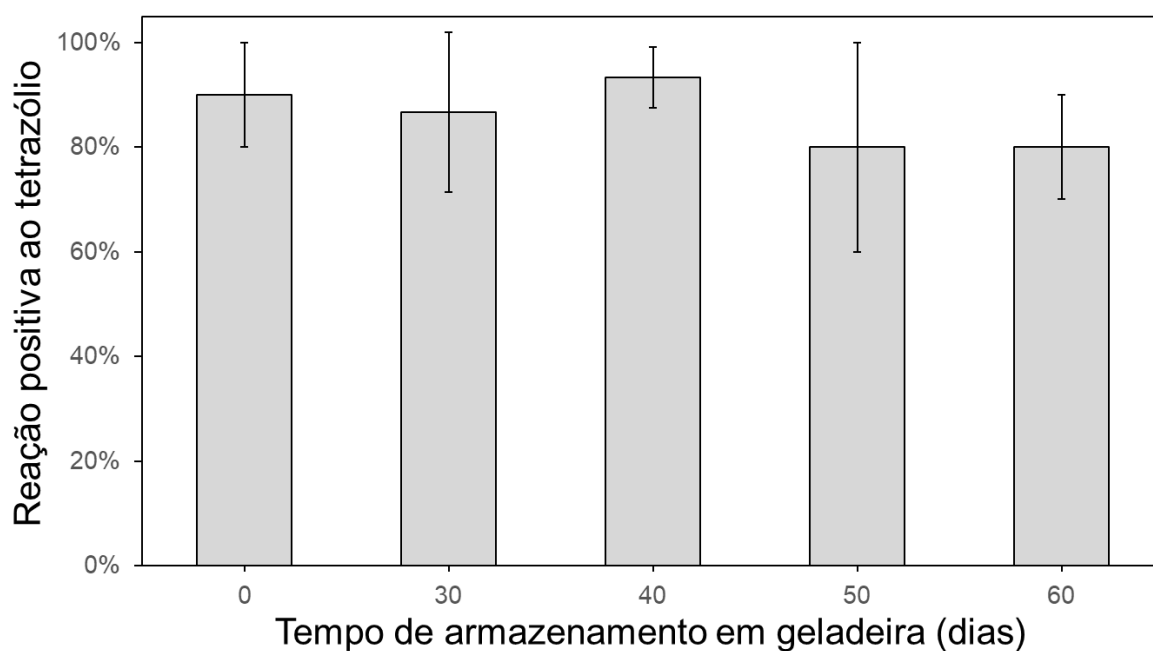


Figura 7. Sementes de *O. porosa* com reação positiva ao teste de tetrazólio em função do seu período de armazenamento em geladeira 8 °C.

A taxa de reação ao tetrazólio se manteve acima de 80% ao longo dos 2 meses de armazenamento em geladeira (Figura 7). Essa reação revela a presença de células vivas, o que pode sugerir uma manutenção de viabilidade significativa durante esse período de armazenamento.

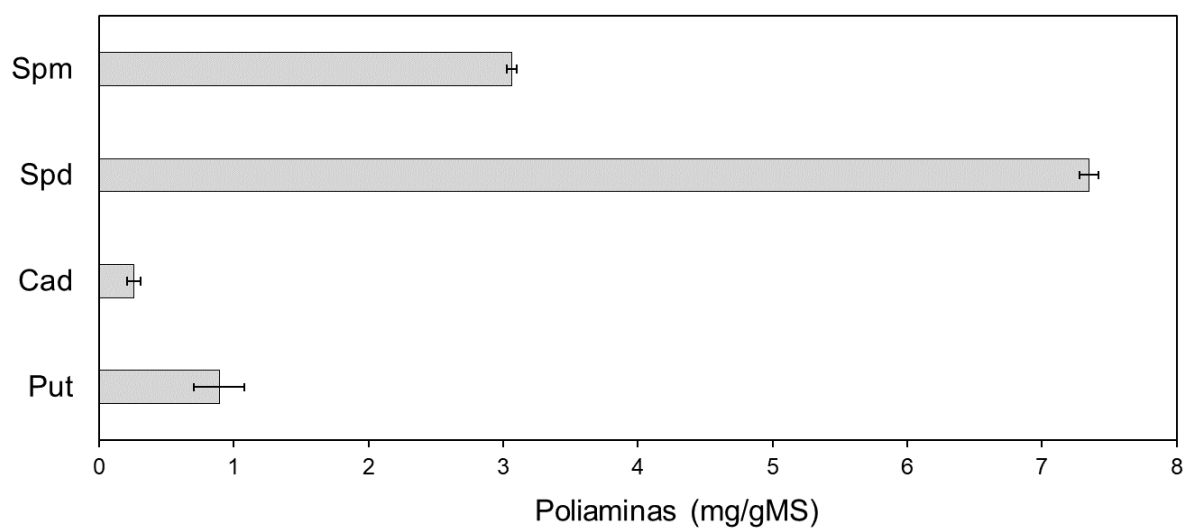


Figura 8. Perfil de poliaminas em sementes de *O. porosa* com CA preservado. PAs levantadas: espermidina (Spd), espermina (Spm), cadaverina (Cad) e putrescina (Put).

No levantamento das poliaminas (PAs) livres presentes em sementes de *O. porosa* foram encontrados 3,06 mg/gMS de Spm, 7,35 mg/gMS de Spd, 0,26 mg/gMS de Cad e 0,89 mg/gMS de Put (Figura 8).

5 DISCUSSÃO

Apesar da espessura bastante reduzida da polpa do fruto (pericarpo) (Figura 2), ela representa 45% do peso do fruto, indicando alta densidade nessa parte. Considerando que os frutos da espécie são parte da dieta de diversas espécies animais (BAITELLO *et al.*, 2003), essa densidade elevada provavelmente pode ser explicada por um alto conteúdo de água e macronutrientes. O conteúdo de água elevado da polpa pode auxiliar na redução da perda de água da semente, que também apresenta conteúdo de água elevado (Figura 3).

A curva de dessecação das sementes de *O. porosa* (Figura 3) revelou uma dessecação lenta, que segundo Berjak e Pammenter (2008) é característica de sementes grandes, como a de Imbuia, devido ao seu volume elevado quando comparado à sua área superficial. De acordo com os autores, um volume elevado é comum em sementes recalcitrantes, e sua dessecação lenta torna seu metabolismo desbalanceado, o que causa dano intracelular significativo mesmo em sementes que ainda possuem alto conteúdo de água.

Para espécies com sementes grandes recomenda-se a utilização de seus eixos embrionários para o processo de armazenamento por criopreservação (BERJAK; PAMMENTER, 2013; STEINER *et al.*, 2020), já que possuem um tamanho reduzido e ainda carregam toda informação genética necessária para o desenvolvimento de novas plântulas. Dessa forma, a criopreservação de sementes de *O. porosa* apresenta uma baixa probabilidade de sucesso, sendo mais recomendada a tentativa de criopreservação de seus eixos embrionários.

Os testes de germinação com sementes de conteúdo de água preservado com e sem tegumento (Figura 4) mostram que este tegumento representa uma barreira temporal na germinação das sementes, reforçando a dormência física da espécie (CARVALHO, 2003).

Das taxas germinativas indicadas na figura 5, pode-se concluir que sementes frescas apresentam uma maior dificuldade de germinar do que sementes que foram expostas a uma pequena perda de água. Essa dificuldade pode estar associada à dormência física causada pelo tegumento, que possivelmente é enfraquecido quando dessecado. No entanto, existem trabalhos que atribuem a

baixa germinação de sementes frescas de *Cryptocarya aschersoniana* à dormência fisiológica (TONETTI *et al.*, 2016), a qual não foi totalmente estudada em *O. porosa*.

A submissão a um período de dessecação é uma estratégia comum para superação de dormência fisiológica em sementes ortodoxas (FINCH-SAVAGE; LEUBNER-METZGER, 2006; ANGELOVICI *et al.*, 2010). Já para sementes recalcitrantes, que apresentam intolerância à dessecação, essa estratégia não aparenta ser adaptativa e não tem sido apropriadamente estudada. Apesar disso, os resultados apresentados na figura 5 indicam que uma perda inicial de água se faz necessária para que a germinação aumente. Os resultados mostram que isso pode estar associado ao tegumento da semente, que quando dessecado se torna enfraquecido e quebradiço e facilita a germinação por conferir menor resistência para absorção de água e a protrusão da radícula.

A partir de 0,43 gH₂O/gMS a taxa de germinação se torna praticamente nula (Figura 5), mostrando uma queda brusca da capacidade germinativa entre 0,52 e 0,43 gH₂O/gMS. Nesse intervalo então, se encontra o conteúdo de água crítico, que conforme definido por Finch-Savage (1992) é o limiar de conteúdo de água em que praticamente se encerra a perda da água celular livre e passa a ser perdida a água estrutural, a qual é vital para o metabolismo da semente e a manutenção da sua viabilidade.

Walters (2015) estabelece de modo geral o conteúdo de água crítico de sementes ortodoxas como inferior a 0,07 gH₂O/gMS e de sementes recalcitrantes acima de 0,2 gH₂O/gMS. Apesar de não representarem uma medida direta para se avaliar a recalcitrância de uma espécie, esses limites servem como guia para o estudo do comportamento de sementes frente à dessecação. Visto que o conteúdo de água crítico das sementes de *O. porosa* encontra-se entre 0,43 e 0,52 gH₂O/gMS, muito acima do determinado para sementes intolerantes à dessecação, pode-se considerar isso como um forte indício da recalcitrância da espécie.

Houve um baixo número de sementes germinadas nos testes de 0,59 e 0,43 gH₂O/gMS (Figura 5), fazendo com que o número amostral de plântulas fosse reduzido, não apresentando tanta confiabilidade quanto no teste de 0,52 gH₂O/gMS

(Figura 6). Apesar disso, pode-se observar algumas tendências quanto ao desenvolvimento de plântulas nesses testes.

As sementes mais dessecadas (0,43 gH₂O/gMS) desenvolveram plântulas com comprimento de raiz médio muito mais elevado quando comparadas aos outros tratamentos com maior água inicial. Esta tendência pode ser explicada como uma forma da plântula de compensar o dano celular maior sofrido pela dessecação, desenvolvendo raízes mais alongadas para aumentar a absorção de água e nutrientes.

A única plântula a desenvolver parte aérea (2,4 cm) foi germinada de uma semente com conteúdo de água preservado (0,59 gH₂O/gMS), o que pode ter sido possível pela ausência de dano celular provocado por perda de água. Porém esta plântula também se destacou das demais sementes do tratamento por apresentar uma raiz de 2,1 cm, o que elevou a média destas para 0,95 cm.

Considerando estas tendências, é possível sugerir que o dano celular provocado por perda de água seja um empecilho para o desenvolvimento mais uniforme da plântula. Em um experimento com embriões somáticos de coníferas, Hazubska-Przybył e colaboradores (2014) encontraram que embriões dessecados apresentaram um desenvolvimento radicular acentuado quando comparados ao controle, corroborando com os dados obtidos com *O. porosa*. Por outro lado, os autores não observaram alterações significativas no desenvolvimento da parte aérea.

A ausência de desenvolvimento de parte aérea nas plântulas obtidas também pode estar associada às condições do teste de germinação a que estas estavam submetidas. O teste de germinação em papel germitest não apresentava nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plântulas e o tempo de teste pode não ter sido suficiente para esse desenvolvimento, já que o seu objetivo era de analisar a fase de germinação.

A alta sobrevivência dos tecidos das sementes armazenadas em geladeira (Figura 7) vai de acordo com o esperado de uma espécie com dormência em suas sementes (REHMANI *et al.*, 2022), já que em seu ambiente natural essas sementes teriam de aguardar, expostas ao ambiente externo, até que sua dormência fosse

superada. Aparentemente, o tegumento da semente de *O. porosa* quando permanece hidratado tem a capacidade de prevenir a perda de água da semente e contribuir para a manutenção da sobrevivência dos tecidos. No entanto, este trabalho não abordou a possível presença de dormência fisiológica na espécie, e isto pode ser futuramente investigado.

Considerando o papel fundamental da água na germinação, para que uma semente suporte o armazenamento e a fase de dormência, ela precisa ou tolerar a perda temporária do seu conteúdo de água, ou desenvolver estratégias para impedir essa perda. Dessa forma, considerando a sensibilidade à dessecação já discutida para essa espécie, esta deve apresentar uma estratégia que permita a manutenção do seu conteúdo de água e, portanto, de sua viabilidade, como foi observado na figura 7. É aí que entra outra função de seu tegumento. Conforme comentado por Dias e Freire (2017), o tegumento das sementes de *O. porosa* confere impermeabilidade, o que minimiza a perda de água para o meio externo.

Essa impermeabilidade, porém, apenas retarda o processo de dessecação, permitindo o armazenamento da semente por algum tempo em geladeira, mas não um armazenamento a longo prazo em bancos de germoplasma.

A partir do perfil de PAs obtido (Figura 8) percebe-se um destaque na concentração de Spd, seguido por Spm. Em oposição à Put, estas duas poliaminas são encontradas em maior quantidade em estágios de maturação mais avançados (CAO *et al.*, 2010; GEMPERLOVÁ *et al.*, 2009; DO NASCIMENTO *et al.*, 2021). Todas PAs levantadas proporcionam proteção contra estressores, bióticos ou abióticos (JANCEWICZ; GIBBS; MASSON, 2016; KIEŁKOWSKA; ADAMUS, 2021), sendo altos níveis de Put, Spd e Spm relacionados a resistência às condições de seca de acordo com uma pesquisa feita com cultivares de arroz resistentes à seca (YANG *et al.*, 2007). Dessa forma, a baixa concentração de PAs encontradas (com exceção da Spd) reflete a sensibilidade ao estresse hídrico esperada de uma semente recalcitrante. Existe, porém, uma associação entre alta concentração de Spd e elevada qualidade fisiológica de sementes (CAO *et al.*, 2010), o que pode ser uma explicação para o nível de Spd observado, já que sementes intolerantes à dessecação precisam manter uma qualidade alta que possibilite rápida germinação.

Altos conteúdos de Spd também foram observados em células de sementes de *Araucaria angustifolia*, nestas células a adição de PAs promoveu o aumento endógeno do conteúdo de ABA (STEINER *et al.*, 2007), e este por sua vez está relacionado à inibição de germinação, mas também à resistência a estresse hídrico (ALI *et al.*, 2022). Poliaminas também têm sido associadas ao papel de moléculas antioxidantes (LANDO *et al.*, 2019). Assim, o conteúdo de Spd observado em sementes de *O. porosa*, altamente sensíveis à perda de água, pode estar associado a diversos fatores.

6 CONCLUSÃO

A dormência física da semente de *O. porosa* pode estar associada à resistência de seu tegumento, e para superá-la esse tegumento precisa passar por uma perda de água, que o torna mais quebradiço, conferindo menor resistência para absorção de água e a protrusão da radícula.

O limite de dessecação, ou seja, o conteúdo de água crítico tolerado das sementes de *O. porosa* está entre 0,43 e 0,52 gH₂O/gMS, muito acima do mínimo de 0,2 gH₂O/gMS estabelecido por Walters (2015) para sementes recalcitrantes. Isso demonstra uma alta sensibilidade à dessecação.

Refletindo essa sensibilidade, sementes que passaram por uma perda de água mais intensa deram origem a plântulas com raízes mais alongadas que aumentem a absorção de água e nutrientes.

A estrutura física dos frutos de *O. porosa* apresenta duas estratégias que minimizam a perda de água da semente para o meio externo. A principal é seu tegumento resistente e impermeável, e mais externamente, a polpa carnosa de seu fruto possivelmente apresenta conteúdo de água elevado que reduz a diferença de potencial hídrico entre o interior e exterior do tegumento.

A impermeabilidade de seu tegumento permite o armazenamento da semente em geladeira por alguns meses, mas não a longo prazo. Para sua conservação ex situ em bancos de germoplasma fazem-se necessários testes de criopreservação com eixos embrionários da espécie, uma vez que sua semente tem sua criopreservação dificultada em consequência de sua dessecação lenta.

A característica recalcitrante de suas sementes torna inviável para a espécie a conservação ex situ em bancos de sementes convencionais. Ainda, devido à recalcitrância é muito provável que bancos de sementes no solo não sejam persistentes, pois não toleram dessecação. Isso coloca a espécie em posição ainda mais vulnerável às pressões das mudanças climáticas sobre seu ecossistema. Dessa forma, considerando todo este contexto fisiológico, a constatação de risco de extinção de uma espécie com sementes altamente sensíveis à dessecação como a *O. porosa* deve soar como um alerta de urgência para que medidas de conservação

sejam tomadas. Além da conservação in situ que é a mais efetiva, para bancos de sementes este estudo indica que estas sementes deverão ser tratadas como excepcionais e o uso de criobioteχνologias deve ser considerado conforme apontado por Steiner et al., 2020.

REFERÊNCIAS

- ALI, F.; QANMBER, G.; LI, F.; WANG, Z.. Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. **Journal of Advanced Research**, v. 35, p. 199–214, jan. 2022.
- ANGELOVICI, R.; GALILI, G.; FERNIE, A. R.; FAIT, A.. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 4, p. 211–218, abr. 2010.
- BAITELLO, J. B.; HERNÁNDEZ, F. G. L.; MORAES, P. L. R.; ESTEVES, R.; MARCOVINO, J. R.. **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Botânica, 2003. v. 3, 367 p.
- BANNISTER, P.; BIBBY, T.; JAMESON, P. E. An investigation of recalcitrance in seeds of three native New Zealand tree species. **New Zealand Journal of Botany**, v. 34, n. 4, p. 583–590, dez. 1996.
- BARBEDO, C. J.; CENTENO, D. DA C.; RIBEIRO, R. DE C. L. F. Do recalcitrant seeds really exist? **Hoehnea**, v. 40, p. 583–593, 2013.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. From *Avicennia* to *Zizania*: Seed Recalcitrance in Perspective. **Annals of Botany**, v. 101, n. 2, p. 213–228, 1 jan. 2008.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. Implications of the lack of desiccation tolerance in recalcitrant seeds. **Frontiers in plant science**, v. 4, p. 478, 2013.
- BEWLEY, J. D. Seed Germination and Dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, n. 7, p. 1055, jul. 1997.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: Physiology of Development and Germination**. Boston, MA: Springer US, 1994.
- BUITINK, J.; LEPRINCE, O. Intracellular glasses and seed survival in the dry state. **Comptes Rendus - Biologies**, v. 331, n. 10, p. 788–795, out. 2008.
- CAO, D. D.; HU, J.; ZHU, S. J.; HU, W. M.; KNAPP, A.. Relationship between changes in endogenous polyamines and seed quality during development of *sh2* sweet corn (*Zea mays* L.) seed. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 301–307, 4 jan. 2010.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. 1a ed ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.

DIAS, G. P.; RIBEIRO, L. M.; MAZZOTTI-DOS-SANTOS, H. C.; NUNES, Y. R. F.; FRANÇA, M. G. C.. Water stress resilience in *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) embryos: New insights into the persistence of recalcitrant seed banks.

Environmental and Experimental Botany, v. 226, p. 105930, 1 out. 2024.

DIAS, J.; FREIRE, C. Quebra de dormência tegumentar na germinação de sementes de imbuia [*Ocotea porosa* (Nees; Mart.) Barroso, Lauraceae]. v. 12, 1 dez. 2017.

DO NASCIMENTO, A. M. M.; POLES, L. G.; BACK, F. P.; STEINER, N.; GUERRA, M. P.; CASTANDER-OLARIETA, A.; MONCALEÁN, P.; MONTALBÁN, I. A.. The Chemical Environment at Maturation Stage in *Pinus* spp. Somatic Embryogenesis: Implications in the Polyamine Profile of Somatic Embryos and Morphological Characteristics of the Developed Plantlets. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 26 nov. 2021.

DOS SANTOS, L. F.. **Espectro de tolerância à dessecação de sementes em Lauraceas Tropicais é ampliado pela Ocotea pulchella (Nees & Mart.) Mez**. 2024. 71 f. Dissertação (Mestrado)- Mestrado em Ciências, Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An intermediate category of seed storage behaviour? I. Coffee. **Journal of experimental botany**, v. 41, n. 9, p. 1167–1174, 1990.

FANTINEL, V. S.; OLIVEIRA, F. M.; CASA, R. T.; SCHNEIDER, P. F.; ROCHA, E. C.; VICENTE, D.; POZZAN, M.. Detecção de Fungos em Sementes de *Acca sellowiana* (Berg) Burret. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. e00087414, 17 ago. 2017.

FINCH-SAVAGE, W. E. Embryo Water Status and Survival in the Recalcitrant Species *Quercus robur* L: Evidence for a Critical Moisture Content. **Journal of Experimental Botany**, v. 43, n. 5, p. 663–669, 1992.

FINCH-SAVAGE, W. E.; LEUBNER-METZGER, G. Seed dormancy and the control of germination. **New Phytologist**, v. 171, n. 3, p. 501–523, ago. 2006.

GARWOOD, N. C. Chapter 9 - Tropical Soil Seed Banks: A Review. Em: LECK, M. A.; PARKER, V. T.; SIMPSON, R. L. (Eds.). **Ecology of Soil Seed Banks**. [s.l.] Academic Press, 1989. p. 149–209.

GEMPERLOVÁ, L.; FISCHEROVÁ, L.; CVIKROVÁ, M.; MALÁ, J.; VONDRÁKOVÁ, Z.; MARTINCOVÁ, O.; VÁGNER, M.. Polyamine profiles and biosynthesis in somatic embryo development and comparison of germinating somatic and zygotic embryos of Norway spruce. **Tree Physiology**, v. 29, n. 10, p. 1287–1298, 1 out. 2009.

HAZUBSKA-PRZYBYŁ, T.; WAWRZYNIAK, M.; OBARSKA, A.; BOJARCZUK, K.. Effect of partial drying and desiccation on somatic seedling quality in Norway and Serbian spruce. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 1, p. 1735, 4 dez. 2014.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behavior**. Rom: International Plant Genetic Resources Institute, 1996.

ISTA. International Rules for Seed Testing. **International Seed Testing Association**, Bassersdorf, 2020.

JAGANATHAN, G.; GIBBS, N. M.; MASSON, P. H.. Ecological insights into the coexistence of dormancy and desiccation-sensitivity in Arecaceae species. **Annals of Forest Science**, v. 78, 1 mar. 2021.

JANCEWICZ, A. L.; GIBBS, N. M.; MASSON, P. H. Cadaverine's Functional Role in Plant Development and Environmental Response. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, 21 jun. 2016.

KIEŁKOWSKA, A.; ADAMUS, A. Exogenously Applied Polyamines Reduce Reactive Oxygen Species, Enhancing Cell Division and the Shoot Regeneration from *Brassica oleracea* L. var. capitata Protoplasts. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 735, abr. 2021.

LANDO, A. P.; VIANA, W. G.; DA SILVA, R. A.; COSTA, C. D. D.; FRAGA, H. P. F.; SANTOS, M.; MIOTO, P. T.; GUERRA, M. P.; STEINER, N.. The Physiological Relationship Between Absciscic Acid and Gibberellin During Seed Germination of *Trichocline catharinensis* (Asteraceae) Is Associated with Polyamine and Antioxidant Enzymes. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 39, n. 1, p. 395–410, 13 jun. 2019.

LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Introduction to desiccation biology: from old borders to new frontiers. **Planta**, v. 242, n. 2, p. 369–378, jul. 2015.

LI, D. Z.; PRITCHARD, H. W. The science and economics of ex situ plant conservation. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 11, p. 614–621, nov. 2009.

MARQUES, A.; BUIJS, G.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H.. Evolutionary ecophysiology of seed desiccation sensitivity. **Functional Plant Biology**, v. 45, n. 11, p. 1083–1083, 2018.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. PORTARIA MMA Nº 148, DE 07 DE JUNHO DE 2022. **LISTA OFICIAL DE ESPÉCIES DA FLORA BRASILEIRA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO**. 2022.

MINOCHA, R.; MAJUMDAR, R.; MINOCHA, S. C. Polyamines and abiotic stress in plants: a complex relationship. **Frontiers in Plant Science**, v. 5, 5 maio 2014.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. 2023.

REHMANI, M. S.; AZIZ, U.; XIAN, B.; SHU, K.. Seed Dormancy and Longevity: A Mutual Dependence or a Trade-Off? **Plant and Cell Physiology**, v. 63, n. 8, p. 1029–1037, 1 ago. 2022.

RITCHIE, H.; ROSER, M. Deforestation and Forest Loss. **Our World in Data**, 28 dez. 2023. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/deforestation>>. Acesso em: 15 set. 2024

RODRIGUES, G. A. G.; DA SILVA, D.; RIBEIRO, M. I.; LOAIZA-LOAIZA, O. A.; ALCANTARA, S.; KOMATSU, R. A.; BARBEDO, C. J.; STEINER, N.. What affects the desiccation tolerance threshold of Brazilian *Eugenia* (Myrtaceae) seeds? **Journal of Plant Research**, v. 135, n. 4, p. 579–591, 1 jul. 2022.

SCARANO, F. R.; CEOTTO, P.. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319–2331, 1 set. 2015.

SILVA, R. S.; RIBEIRO, L. M.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O.; NUNES, Y. R. F.; LOPES, P. S. N.. Seed structure and germination in buriti (*Mauritia flexuosa*), the Swamp palm. **Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 11, p. 674–685, 1 nov. 2014.

STEINER, N.; HILL, L.; DORR, E.; WALTERS, C.. Development of cryobiotechnologies to preserve zygotic embryo tissues of North American tree species. **Cryobiology**, v. 97, p. 281–282, dez. 2020.

STEINER, N.; SANTA-CATARINA, C.; SILVEIRA, V.; FLOH, E. I. S., GUERRA, M. P.. Polyamine effects on growth and endogenous hormones levels in *Araucaria angustifolia* embryogenic cultures. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture**, v. 89, n. 1, p. 55–62, 1 abr. 2007.

TONETTI, O. A. O.; FARIA, J. M. R.; JOSÉ, A. C.; OLIVEIRA, T. G. S.; MARTINS, J. C.. Seed survival of the tropical tree *Cryptocarya aschersoniana* (Lauraceae): Consequences of habitat disturbance. **Austral Ecology**, v. 41, n. 3, p. 248–254, 2016.

TWEDDLE, J. C.; DICKIE, J. B.; BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M.. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. **Journal of Ecology**, v. 91, n. 2, p. 294–304, 2003.

VARTY, N.; GUADAGNIN, D. L. 1998. *Ocotea porosa*. **The IUCN Red List of Threatened Species 1998**. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org/species/32978/9739985>>. Acesso em: 15 set. 2024.

VIANA, W. G.; LANDO, A. P.; DA SILVA, R. A.; DA COSTA, C. D.; VIEIRA, P. H. M.; STEINER, N.. Physiological performance of *garcinia gardneriana* (Planch. & triana) zappi: A species with recalcitrant and dormant seeds. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020.

WALTERS, C. Orthodoxy, recalcitrance and in-between: describing variation in seed storage characteristics using threshold responses to water loss. **Planta**, v. 242, n. 2, p. 397–406, ago. 2015.

We must get a grip on forest science — before it's too late. **Nature**, v. 608, n. 7923, p. 449–449, 16 ago. 2022.

WYSE, S. V.; DICKIE, J. B. Predicting the global incidence of seed desiccation sensitivity. **Journal of Ecology**, v. 105, n. 4, p. 1082–1093, jul. 2017.

YANG, J.; ZHANG, J.; LIU, K.; WANG, Z.; LIU, L.. Involvement of polyamines in the drought resistance of rice. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 6, p. 1545–1555, 1 abr. 2007.