

EMERGÊNCIA, CONSERVAÇÃO DE SEMENTES E CONDUTIVIDADES  
ELÉTRICAS DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
JABORANDÍ (*Pilocarpus microphyllus*) EM SUBSTRATO

**ISIS NARYELLE GÓES SOUZA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2023

EMERGÊNCIA, CONSERVAÇÃO DE SEMENTES E CONDUTIVIDADES  
ELÉTRICAS DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
JABORANDI (*Pilocarpus microphyllus*) EM SUBSTRATO

**ISIS NARYELLE GÓES SOUZA**

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Virginia Silva Carvalho

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ

FEVEREIRO – 2023

### FICHA CATALOGRÁFICA

UENF - Bibliotecas

Elaborada com os dados fornecidos pela autora.

S729

Souza, Isis Naryelle Góes.

EMERGÊNCIA, CONSERVAÇÃO DE SEMENTES E CONDUTIVIDADES ELÉTRICAS DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE JABORANDI (*Pilocarpus microphyllus*) EM SUBSTRATO / Isis Naryelle Góes Souza. - Campos dos Goytacazes, RJ, 2023.

64 f. : il.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, 2023.  
Orientadora: Virginia Silva Carvalho.

1. Sementes ortodoxas. 2. IVE. 3. Crescimento. 4. Adubação. 5. Nutrição mineral. I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. II. Título.

CDD - 630

EMERGÊNCIA, CONSERVAÇÃO DE SEMENTES E CONDUTIVIDADES  
ELÉTRICAS DA SOLUÇÃO NUTRITIVA PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
JABORANDI (*Pilocarpus microphyllus*) EM SUBSTRATO

**ISIS NARYELLE GÓES SOUZA**

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

Aprovada em 23 de fevereiro de 2023

Comissão Examinadora:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Marta Simone Mendonça Freitas (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Dr. Henrique Duarte Vieira (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Prof. Dr. Rodrigo Sobreira Alexandre (D.Sc., Fitotecnia) – UFES

---

Prof<sup>a</sup> . Dr<sup>a</sup>. Virginia Silva Carvalho (D.Sc., Fitotecnia) – UENF  
(Orientadora)

## AGRADECIMENTOS

A minha mãe, por incentivar e apoiar meus estudos;

Ao meu irmão Jorge por todo amor e carinho;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF e ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pela oportunidade em fazer o mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) –, código de financiamento 001, pela concessão da bolsa de estudos;

À professora Virginia por toda paciência, conselhos e conhecimento compartilhado para minha melhora profissional. Às parcerias fechadas para a execução deste trabalho. Ao professor Silvério por ceder o espaço na casa de vegetação;

À professora Marta pelo auxílio na obtenção das soluções nutritivas; Ao Dr. Osmar Lameira por disponibilizar as sementes de jaborandi;

Aos colegas de laboratório: Carlos, Otávio, Kíssila, Daniel, Gabriel e Vinicius agradeço a ajuda durante a execução deste trabalho, as trocas de experiência e os momentos de descontração;

A minha amiga Denize, pela amizade e companheirismo mesmo que distante fisicamente;

À Gabriela, Mateus, Laila, Andreza, Júlia, Mariana, Danielle, Otávio por todo esforço durante a fase de experimento e ajuda em todos os momentos difíceis;

A todos que estiveram comigo durante essa jornada de trabalho, meu muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVO GERAL</b> .....	3
2.1. Objetivos específicos.....	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
3.1. Jaborandi: aspectos gerais da cultura.....	4
3.2. Importância econômica do jaborandi.....	5
3.3. Propagação de <i>Pilocarpus</i> .....	6
3.4. Armazenamento de sementes do gênero <i>Pilocarpus</i> .....	6
3.5. Condutividade elétrica da solução nutritiva para produção de mudas .....	7
<b>4. TRABALHOS</b> .....	9
<b>4.1. Análise da emergência de plântulas de jaborandi das sementes recém-coletadas e conservadas em temperatura de 29°C e 5°C</b> .....	9
<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>4.1.1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>4.1.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	11
4.1.2.1. Local de experimentação.....	11
4.1.2.2. Germoplasma .....	11
4.1.2.3. Teste de umidade e tetrazólio .....	15
4.1.2.4. Análise estatística.....	16
<b>4.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	16
4.1.3.3. ....Análise do teste de teor de água e tetrazólio de sementes conservadas antes e após dois meses.....	21
<b>4.1.4. CONCLUSÃO</b> .....	24
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	25
<b>4.2. Condutividades elétricas da solução nutritiva para produção de mudas de jaborandi (<i>Pilocarpus microphyllus</i>) em substrato</b> .....	32
<b>RESUMO</b> .....	32
<b>ABSTRACT</b> .....	32
<b>4.2.1. INTRODUÇÃO</b> .....	33

<b>4.2.2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	34
4.2.2.1. Local de experimentação.....	34
4.2.2.2. Delineamento estatístico .....	35
4.2.2.3. Material vegetal .....	35
4.2.2.4. Preparo de mudas e aplicação de solução nutritiva .....	35
4.2.2.5. Análises fisiológicas e biométricas.....	37
4.2.2.6. Análise estatística.....	38
<b>4.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
4.2.4.1. Mudanças de jaborandi após aplicação de solução nutritiva .....	38
<b>4.2.5. CONCLUSÕES</b> .....	44
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	44
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	47

## RESUMO

SOUZA, Isis Naryelle Góes, M. Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro de 2023; Emergência, conservação de sementes e diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva para produção de mudas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) em substrato; Orientadora: D.Sc. Virginia Silva Carvalho.

O *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardlew, é uma espécie nativa das regiões Norte e Nordeste do Brasil. Pertence à família Rutaceae e possui importante papel econômico, devido ao uso nas indústrias de cosméticos e medicinais. O objetivo foi estudar a emergência e as condições de armazenamento de sementes de jaborandi e avaliar diferentes condutividades elétricas de solução nutritiva para o crescimento das mudas. A coleta dos frutos foi realizada nos meses de julho e agosto de 2022 a partir dos acessos Merck e Japonês do Banco de Germoplasma presente no Horto de Plantas Medicinais da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA. Foram coletados frutos em três estádios de maturação e em diferentes tempos, sendo: imaturos (frutos verdes colocados para beneficiamento em lata de metal); em amadurecimento (frutos em cor esverdeada amarelada) e maduros (um fruto já em processo de maturação). O experimento I foi realizado com frutos recém-coletados, e verificada a emergência em cada estágio de maturação. Foram utilizadas sementes conservadas em temperatura ambiente e geladeira, por um período de dois meses, nos estádios de maturação dos frutos: imaturo, em amadurecimento e maduros. No experimento II foram utilizadas sementes no estágio em amadurecimento. Após as mudas de jaborandi apresentarem o primeiro par de folíolos aos 25 dias, se iniciou a aplicação da solução semanalmente, totalizando 11 aplicações, e avaliado a resposta no desenvolvimento das mudas sob diferentes condutividades elétricas ( $0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  e  $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) da solução. As variáveis avaliadas foram: altura das mudas, diâmetro do caule, volume radicular, comprimento radicular, massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total, área foliar e número de folhas. O experimento I logo após a coleta das sementes foi conduzido em DBC, e três estádios de maturação da semente, constituído por três tratamentos com oito repetições. O experimento após a conservação de sementes foi conduzido em DBC, em esquema fatorial  $2 \times 3$ , em duas

condições de armazenamento (5°C e 29°C) e três estádios de maturação das sementes (sementes imaturas, em amadurecimento e maduras), com oito repetições. O experimento II foi conduzido em DBC sendo cinco tratamentos, cinco repetições, usando diferentes condutividades elétricas de solução nutritiva. As observações foram submetidas à análise de variância. As médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, utilizando o SISVAR. Frutos maduros obtiveram o IVE de aproximadamente 3 no experimento I, e emergência de 80%. Para as sementes conservadas durante dois meses, o IVE foi maior no estádio em amadurecimento conservado a 5°C, com 70% de emergência. Sementes conservadas em temperatura de 29°C não germinaram. No experimento II a condutividade elétrica da solução com resultados maiores no crescimento de mudas foi a solução nutritiva de 2,4 mS cm<sup>-1</sup>, proporcionando maior aumento do número de folhas, diâmetro do caule, massa da matéria seca da parte aérea, massa da matéria seca da raiz e massa total, além do índice SPAD. Para as variáveis volume radicular, altura, comprimento radicular, Fv/Fm e IV, não teve diferença significativa entre as concentrações das soluções testadas quando aplicadas em substrato de fibra de coco. Concluiu-se que a solução nutritiva com maiores resultados foi de condutividade elétrica 2,4 mS cm<sup>-1</sup> para este experimento.

## ABSTRACT

SOUZA, Isis Naryelle Góes, M.Sc.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; February 2023; Emergence, seed conservation and different electrical conductivities of nutrient solution for the production of jaborandi seedlings (*Pilocarpus microphyllus*) in substrate; Advisor: D.Sc. Virginia Silva Carvalho.

*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardlew, is a species native to the North and Northeast regions of Brazil. It belongs to the Rutaceae family and has an important economic role, due to its use in the cosmetic and medicinal industries. The objective was to study the emergence and storage conditions of jaborandi seeds and evaluate different electrical conductivities of nutrient solutions for seedling growth. Fruit collection was carried out in the months of July and August 2022 from the Merck and Japanese accessions of the Germplasm Bank present in the Medicinal Plant Garden of Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA. Fruits were collected at three stages of maturation and at different times, being: immature (green fruits placed for processing in a metal can); ripening (fruits in a yellowish-green color) and ripe (a fruit already in the process of maturation). Experiment I was carried out with recently collected fruits, and emergence was verified at each stage of maturation. Seeds stored at room temperature and refrigerator were used for a period of two months, in the fruit maturation stages: immature, ripening and ripe. In experiment II, seeds at the ripening stage were used. After the jaborandi seedlings presented the first pair of leaflets at 25 days, the solution was applied weekly, totaling 11 applications, and the response in the development of the seedlings was evaluated under different electrical conductivities ( $0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  and  $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ) of the solution. The variables evaluated were: seedling height, stem diameter, root volume, root length, dry matter mass of the shoot, root and total, leaf area and number of leaves. Experiment I immediately after seed collection was conducted in DBC, and three stages of seed maturation, consisting of three treatments with eight replications. The experiment after seed conservation was conducted in DBC, in a  $2 \times 3$  factorial scheme, under two storage conditions ( $5^{\circ}\text{C}$  and  $29^{\circ}\text{C}$ ) and three stages of seed maturation (immature, ripening and mature seeds), with eight repetitions. Experiment

II was conducted in DBC with five treatments, five replications, using different electrical conductivities of nutrient solution. The observations were subjected to analysis of variance. The means compared by the Tukey test at a 5% probability level, using SISVAR. Ripe fruits had an IVE of approximately 3 in experiment I, and emergence of 80%. For seeds preserved for two months, the IVE was higher in the ripening stage stored at 5°C, with 70% emergence. Seeds stored at a temperature of 29°C did not germinate. In experiment II, the electrical conductivity of the solution with greater results in seedling growth was the nutrient solution of 2,4 mS cm<sup>-1</sup>, providing a greater increase in the number of leaves, stem diameter, dry matter mass of the aerial part, mass of root dry matter and total mass, in addition to the SPAD index. For the variables root volume, height, root length, Fv/Fm and IV, there was no significant difference between the concentrations of the solutions tested when applied to coconut fiber substrate. It was concluded that the nutrient solution with the best results had an electrical conductivity of 2,4 mS cm<sup>-1</sup> for this experiment.

## 1. INTRODUÇÃO

O jaborandi pertence à família Rutaceae e ao gênero *Pilocarpus*. É uma planta arbustiva bastante ramificada e pode alcançar em média seis metros de altura. O gênero *Pilocarpus* apresenta 16 espécies neotropicais conhecidas, com ocorrência da maioria de seus representantes no Brasil (Santos e Moreno, 2013; Lima, 2017). *Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardlew é uma espécie nativa das regiões Norte e Nordeste do Brasil, e pode ser facilmente encontrada no estado do Pará, Maranhão e Piauí (Pinheiro, 2002).

Essa é uma espécie muito utilizada pela indústria de cosméticos e para fins medicinais. Da espécie são aproveitadas as folhas para extração dos sais cloridrato de pilocarpina, nitrato de pilocarpina e sua forma livre (pilocarpinabase), utilizados para produção de colírios para tratamento de glaucoma (Tsai et al., 2003; Nordstrom et al., 2005; Lima, 2008). Além disso, os compostos servem para outros tratamentos, como a xerostomia, e a exportação para outros países como Estados Unidos, Japão, China e Índia, movimentando milhões de dólares todos os anos (Lima et al., 2015).

Diante de sua importância e uso, a espécie *P. microphyllus* foi explorada de maneira insustentável durante décadas no Norte e Nordeste do Brasil, constando na Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção na Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, do Ministério do Meio Ambiente (CNC, 2014), sendo relevante adotar iniciativas que agreguem potencial tecnológico para a sustentabilidade da espécie.

Nesse sentido, o desenvolvimento de tecnologias para implementação de lavouras e conseqüentemente a produção de mudas de jaborandi são importantes, pois poderá suprir a demanda do mercado pelos compostos e reduzir o extrativismo insustentável da espécie. De modo que, a principal forma de propagação da cultura é via seminífera (Silva, 2000). Estudos atuais sobre germinação e armazenamento das sementes de jaborandi ainda são escassos.

Na propagação seminífera de jaborandi, o crescimento e desenvolvimento das mudas no viveiro é fundamental para a obtenção de lavouras de alta produtividade (Lima et al., 2008). Para tanto, há a necessidade de fornecimento de sais minerais via adubação líquida (solução nutritiva, fertirrigação) ou adubos sólidos. Para produção

de mudas de jaborandi, a solução proposta por Bolle-Jones (1957) foi testada em estudo realizado pelos autores Viegas et al. (1998) fazendo uso da solução nutritiva nas composições completas e com omissões de macro e micronutrientes, com o intuito de obter informações de altura, massa da matéria seca, diâmetro e outros. Brasil (1996) avaliou em seu trabalho adubação com NPK, em que buscou verificar quais os efeitos das concentrações durante a produção de mudas de jaborandi.

No contexto de viabilização de cultivos comerciais de jaborandi, vale ressaltar a importância de obtenção de plantas em curto prazo com o auxílio de adubações e uso de substratos adequados. Desse modo, as soluções nutritivas são importantes para obtenção de mudas.

A preparação de solução nutritiva depende da composição dos sais, pH adequado, nível da água, concentração de nutrientes, e quando relacionada à condutividade elétrica se torna indispensável averiguar possíveis efeitos sob o desenvolvimento das plantas pela absorção dos sais solúveis (Kämpf e Fermino, 2002).

Na literatura encontram-se estudos envolvendo o armazenamento de sementes de jaborandi, porém com informações insuficientes referentes ao tempo de coleta e maturidade fisiológica da semente. Segundo França Neto et al. (2010) e Faccion (2011), a maturidade é essencial para garantir a qualidade fisiológica da semente, com o intuito de reduzir ao máximo a perda de viabilidade do material.

Portanto, é de suma importância pesquisas sobre a germinação, armazenamento de sementes e desenvolvimento de mudas de jaborandi, contribuindo com a otimização do cultivo comercial da espécie em substituição a atividade extrativista.

## 2. OBJETIVO GERAL

Estudar a emergência e as condições de armazenamento de sementes de jaborandi (*P. microphyllus*) e avaliar diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva para o crescimento das mudas em substrato.

### 2.1. Objetivos específicos

Trabalho 1 – Experimento 1: Avaliar em qual estágio de maturação dos frutos (imaturo, em amadurecimento e maduro) se obtêm uma maior emergência das sementes de jaborandi semeadas logo após a coleta e após dois meses de armazenamento;

Verificar o teor de água das sementes armazenadas e realizar teste de tetrazólio para análise de viabilidade.

Trabalho 2 – Experimento 2: Avaliar o efeito de diferentes condutividades elétricas da solução nutritiva no crescimento de mudas de jaborandi.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Jaborandi: aspectos gerais da cultura

*P. microphyllus* é conhecido como jaborandi verdadeiro, espécie nativa do Brasil e utilizada como planta medicinal desde muitos séculos pelos indígenas e comunidades tradicionais, e foi bastante explorada nas últimas três décadas pelos elevados teores de pilocarpina que ocorrem naturalmente nas folhas, sendo o principal motivo de sua intensa coleta (Costa, 2005). A espécie tem ocorrência nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, e podem ser encontradas nos estados do Pará, Maranhão e Piauí (Lima et al., 2015; Re flora, 2016).

A planta apresenta folhas compostas, folíolos coriáceos, de formato lanceolado, flores pequenas e dispostas em racimos (Sabá et al., 2002). Os frutos são dispostos em cachos brancos (Figura 1) contidos em cápsulas de córtex acinzentados e lisos e as sementes arredondadas de cor preta (Lameira et al., 2008). Possuem dispersão do tipo deiscente como outras espécies do mesmo gênero (Skorupa et al., 2005).



Figura 1: Frutos durante processo de dispersão de sementes. Fonte: Arquivo pessoal.

As sementes apresentam características reniformes quando maduras, com dimensões médias de 8,47 mm de comprimento, 5,12 mm de largura e 4,35 mm de espessura. São bitegmentadas e de tegumento liso, de aparência brilhante e coloração negra, muito comum nas espécies da família Rutaceae (Silva e Paoli, 2006).

O jaborandi é uma planta de regiões de clima quente e úmido é facilmente encontrada em terrenos apresentando textura argilosa e com baixa fertilidade, e chapadões arenosos, cobertos por vegetação do tipo capoeira (Lameira et al., 2008).

### 3.2. Importância econômica do jaborandi

As sementes apresentam características reniformes quando maduras, com dimensões médias de 8,47 mm de comprimento, 5,12 mm de largura e 4,35mm de espessura. São bitegmentadas e de tegumento liso, de aparência brilhante e coloração negra, muito comum nas espécies da família Rutaceae (Silva e Paoli, 2006).

O jaborandi é uma planta de regiões de clima quente e úmido é facilmente encontrada em terrenos apresentando textura argilosa e com baixa fertilidade, e chapadões arenosos, cobertos por vegetação do tipo capoeira (Lameira et al., 2008).

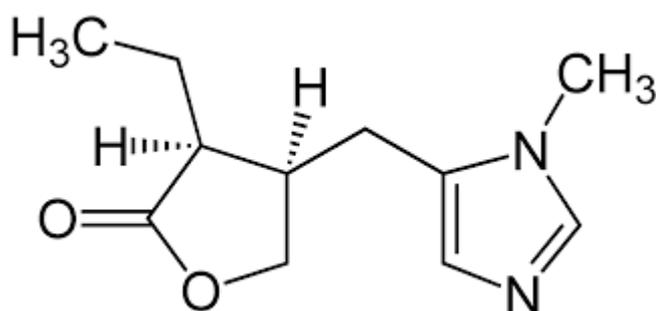


Figura 2: Estrutura química da pilocarpina.

A expansão do cultivo para outras áreas foi proposta por Caldeira et al. (2017) como uma alternativa relevante com o intuito de possibilitar melhor renda para a agricultura familiar e diminuir o risco de extinção do jaborandi. Segundo Abiquifi (2020), a colheita dessa planta serve como importante fonte de renda de famílias,

sendo o extrato da pilocarpina um dos mais exportados pelo Brasil, movimentando US\$ 9,7 milhões em 2017.

### 3.3. Propagação de *Pilocarpus*

O gênero *Pilocarpus* apresenta 16 espécies localizadas nas zonas neotropicais. Suas sementes são classificadas como ortodoxas (José et al., 2007). Com frutos do tipo seco deiscente (esquizocarpo) que contém óleos essenciais nas estruturas do mesocarpo, e é disperso por autocória (Calil et al., 2008). Além disso, suas sementes possuem formato reniforme com dois cotilédones idênticos (Pirani, 2002).

O principal método de propagação do jaborandi é realizado por via seminífera, como testado pelos autores Souza e Lameira (2019) para a produção de mudas em diferentes substratos. A micropropagação *in vitro* é outro método já realizado no estudo de Sabá et al. (2002), avaliando a germinação de sementes e posteriormente testando segmentos caulinares como explantes.

A germinação das sementes de jaborandi ocorre entre 10 e 30 dias, em semeadura direta (Monfort, 2015), apresenta germinação do tipo hipógea mantendo seus cotilédones abaixo do solo (Coelho et al., 2001). Sementes utilizadas para a produção de mudas quando recém-coletadas podem atingir cerca de 82% de germinação (Eira et al., 1992).

Outro método de propagação também já verificado com a espécie do jaborandi foi realizado por Silva et al. (2015), em que avaliaram a técnica de enxertia unindo dois acessos provenientes de banco germoplasma (Merck e Bonal) com diferentes idades.

### 3.4. Armazenamento de sementes do gênero *Pilocarpus*

As sementes dessa família são classificadas como ortodoxas (Ellis et al., 1985), embora não foram encontrados trabalhos que comprovem isso (Chin, 1988).

Para a conservação de sementes, deve-se levar em consideração a umidade, devendo ser reduzido os teores de água para 4-8%, e depois acondicionadas em embalagens herméticas (Eira et al., 1992).

As espécies do gênero *Citrus*, que também são da família Rutaceae, foram por muito tempo consideradas intolerantes à secagem e o método de conservação praticado era o armazenamento de sementes úmidas. Em estudos realizados por Roberts et al. (1984) destacam que a classificação de sementes ortodoxas e recalcitrantes podem ter sido realizadas de modo errôneo em algumas situações.

A obtenção da máxima qualidade fisiológica das sementes é definida por ocasião da maturidade fisiológica, momento em que a semente se desenvolve ao máximo na planta. A partir deste momento, tende-se a ocorrer uma queda progressiva na qualidade da semente, em função do processo de deterioração (Nakagawa, 1994).

### 3.5. Condutividade elétrica da solução nutritiva para produção de mudas

A condutividade elétrica é a medida que determina a quantidade total de sais dissolvidos em água, indicando a maior/menor facilidade com que a corrente elétrica atravessa uma solução, esta capacidade da solução nutritiva fornece uma ideia da concentração de nutrientes, ou seja, quanto maior a condutividade elétrica maior será a concentração de nutrientes (Carvalho Maia et al., 2022; Sousa Júnior e Silva, 2022).

Água e nutrientes minerais são fornecidos às plantas por meio da solução nutritiva, e a concentração de nutrientes podendo ser medida indiretamente pela condutividade elétrica presente na solução utilizada (Zobayed et al., 2005), em que a soma da CE é estimada de cada sal presente na composição da solução nutritiva com auxílio de condutímetro (Cometti et al., 2018).

A utilização da solução nutritiva para produção de mudas tem como objetivo fornecer os sais minerais em quantidade suficiente para atender as necessidades requeridas de cada cultura. Os autores Bezerra Neto e Barreto (2012) reforçam que macro e micronutrientes são importantes para a composição da solução nutritiva, entretanto, deve-se levar em consideração as proporções fornecidas e o que poderá ser ou não absorvido pela planta.

Os valores de condutividade elétrica da solução nutritiva são proporcionais à concentração dos vários íons em solução e ao seu potencial osmótico. A condutividade da solução interfere a absorção dos nutrientes pelas plantas (Huet, 1994), podendo causar toxidez à medida que a condutividade aumenta.

O desenvolvimento das plantas pode ser influenciado pela CE, que é uma medida indireta da concentração salina da solução nutritiva e está relacionada com a concentração de nutrientes da solução nutritiva (Andriolo et al., 2009; Sonneveld e Voogt, 2009).

Viegas et al. (1998) em seu trabalho com jaborandi utilizaram nutrientes como o N, P, K, Ca, Mg e S para avaliar os sintomas de deficiência desses elementos. As folhas inferiores apresentaram menor concentração de N, P, K e Mg do que as folhas superiores.

Os sais minerais são pouco estudados na produção de pilocarpina pelo jaborandi. Esses elementos podem atuar como estressores (na sua ausência ou excesso) e até contribuir para a estrutura dessa molécula de alcaloide, como o nitrogênio. Acredita-se que a pilocarpina seja derivada do aminoácido histidina mais átomos de carbono de treonina e, ou acetil-CoA, juntamente com outros alcaloides imidazólicos, que são moléculas ricas em nitrogênio (Sawaya et al., 2010). Essa relação entre nitrogênio e alcaloides também foi relatada por Mishra et al. (2019).

Com isso, pode-se observar que na literatura não se tem indicações de métodos a serem adotados para a produção de mudas utilizando solução nutritiva, ou outro protocolo adequado de adubação para a cultura do jaborandi.

## 4. TRABALHOS

### 4.1. Análise da emergência de plântulas de jaborandi das sementes recém-coletadas e conservadas em temperatura de 29°C e 5°C

#### RESUMO

O jaborandi é uma planta nativa do norte do Brasil que se encontra na lista das espécies ameaçadas de extinção devido ao intenso extrativismo de suas folhas que produzem pilocarpina e outros alcaloides de grande importância econômica. Para o estabelecimento de lavouras comerciais faz-se necessário investigar métodos eficientes de propagação, sendo o mais simples, pela via seminífera. O objetivo foi avaliar a germinação de sementes de jaborandi coletadas em diferentes estádios de maturação dos frutos e o efeito do armazenamento dessas sementes por dois meses. O experimento I, foi conduzido em DBC, com três estádios de maturação das sementes (imatura, em amadurecimento e madura). O experimento II, também em DBC, em esquema fatorial 2 x 3, sendo duas temperaturas de armazenamento das sementes (29°C e 5°C) e três estádios de maturação das sementes (imaturas, em amadurecimento e maduras). Foram avaliadas o IVE e a germinação acumulada nos dois experimentos. O maior IVE (3,00) foi obtido nas sementes maduras com emergência de 80% no primeiro experimento. Para as sementes conservadas a 5°C durante dois meses, o IVE foi em torno de 2,5 e emergência de 70%. Sementes conservadas a temperatura de 29°C não germinaram o que pode estar relacionada a perda de viabilidade na condição de armazenamento. O teste do tetrazólio de sementes no estádio em amadurecimento e maduro tiveram germinação após a conservação em temperatura a 5°C. O armazenamento de sementes em temperatura a 29°C durante dois meses não teve emergência. Diante disso, a temperatura indicada para a conservação da cultura durante o estudo realizado foi de 5°C.

#### ABSTRACT

Jaborandi is a plant native to northern Brazil that is on the list of endangered species due to the intense extraction of its leaves, which produce pilocarpine and other alkaloids of great economic importance. For the establishment of commercial crops, it is necessary to investigate efficient propagation methods, the simplest of which is via the seminiferous route. The objective was to evaluate the germination of jaborandi seeds collected at different stages of fruit maturation and the effect of storing these seeds for two months. Experiment I was conducted in DBC, with three stages of seed maturation (immature, ripening and mature). Experiment II, also in DBC, in a 2 x 3

factorial scheme, with two seed storage temperatures (29°C and 5°C) and three seed maturation stages (immature, ripening and mature). IVE and accumulated germination were evaluated in both experiments. The highest IVE (3.00) was obtained in mature seeds with 80% emergence in the first experiment. For seeds stored at 5°C for two months, the IVE was around 2,5 and emergence was 70%. Seeds stored at a temperature of 29°C did not germinate, which may be related to loss of viability in the storage condition. The tetrazolium test of seeds at the ripening and mature stage germinated after storage at 5°C. Seed storage at 29°C for two months did not result in emergence. Therefore, the temperature indicated for preserving the culture during the study was 5°C.

#### 4.1.1. INTRODUÇÃO

A utilização de sementes é o método mais utilizado para produção de mudas de jaborandi, no entanto, pode ser propagado por estaquia (Silva e Frassetto, 2011). Eira et al. (1992) obteve 82% de germinação utilizando sementes recém-colhidas de jaborandi, e armazenou as sementes por um período de 30 dias até que fossem novamente utilizadas para germinação.

Pesquisas referentes a germinação de sementes são de fundamental importância para a compreensão da ecofisiologia das espécies (Borghetti e Ferreira, 2004).

Para a germinação de sementes, fatores como temperatura, oxigênio e água, são necessários, pois, oferecem condições favoráveis que influenciam na germinação das sementes (Marcos Filho, 1986; Bewley e Black, 2013).

A conservação das sementes de jaborandi é feita em câmara fria, no Instituto Cenargen/Recursos Genéticos, localizado em Brasília-DF. A manutenção das sementes é realizada a partir do envio de novos lotes de semente anualmente obtidas por meio do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) presente na Embrapa Oriental, localizada em Belém/PA. (comunicação pessoal Dr. Osmar Lameira).

Sementes conservadas em condições ambientais, podem ter seu vigor reduzido mais rapidamente durante o armazenamento (Souza et al., 2005), normalmente ocasionada por umidade e temperatura mais elevadas (Torres, 2005). Em compensação, quando o armazenamento é feito em ambiente refrigerado as

sementes podem sofrer diminuição nas reações metabólicas do embrião, mantendo o vigor (Scalon et al., 2006).

A secagem e posterior armazenagem das sementes em embalagens impermeáveis proporciona uma maior conservação devido a manutenção dos teores de água, ausência de oxigênio e redução da deterioração (Corlett et al., 2007).

Calil et al. (2008) em seus estudos, observaram que no período de armazenamento de sementes *P. pennatifolius* Lem. há uma redução de umidade após aproximadamente 36 dias em condições ambiente de laboratório, e 60 dias após o armazenamento de sementes colocadas em câmara seca. Após o período de 90 dias em câmara seca, os autores sugerem a classificação da semente como ortodoxa, pois os processos de germinação e tolerância a dessecação não foram afetados, corroborando com Carvalho (2000), na classificação de frutos maduros de *Pilocarpus*.

De acordo com as informações de trabalhos já realizados com o jaborandi, não há um consenso na literatura das sementes ser ortodoxas (Saleh et al., 2017).

#### **4.1.2. MATERIAL E MÉTODOS**

##### **4.1.2.1. Local de experimentação**

Os experimentos foram conduzidos no período de agosto a outubro de 2022 no Setor de Horticultura do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) e na Unidade de Apoio a Pesquisa (UAP) da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em Campos dos Goytacazes, RJ.

##### **4.1.2.2. Germoplasma**

A coleta dos frutos de jaborandi (*P. microphyllus*) foi realizada nos meses de julho e agosto de 2022, a partir dos acessos Merck e Japonês cultivados a pleno sol

e pertencentes ao Banco Ativo de Germoplasma (BAG) do Horto de Plantas Medicinais da Embrapa Amazônia Oriental, localizado em Belém-PA. Os frutos foram coletados em três estádios de maturação das sementes e diferentes tempos, sendo: imaturos (frutos verdes colocados para beneficiamento em lata de metal); em amadurecimento (frutos em cor esverdeada amarelada) e maduros (pelo menos um fruto já em processo de maturação). Para coleta de frutos imaturos foi utilizada tesoura para corte dos cachos ainda verdes. Os frutos em amadurecimento e maduros foram coletados conforme dispersão natural e com auxílio de sacos de filó para não ocorrer perda de material pela deiscência dos frutos (Figura 1).



Figura 1: Coleta de sementes de jaborandi no BAG da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-Pará.

#### Experimento I: Delineamento estatístico e material vegetal

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos ao acaso (DBC), constituído por três tratamentos, sendo: sementes imaturas, sementes em

amadurecimento e sementes maduras. Com oito repetições e dez sementes por repetição.

#### Emergência de plântulas oriundas de sementes recém-coletadas

Foram utilizadas sementes oriundas de três estádios de maturação, sendo eles: imaturo, em amadurecimento e maduros. As sementes foram semeadas em bandeja plástica (53 x 30 x 4 cm) contendo substrato fibra de coco para uso agrícola e florestal da marca Golden Mix, e irrigadas diariamente. O experimento foi conduzido com três tratamentos e oito repetições de dez sementes.

Ao longo de 41 dias foi avaliada diariamente a emergência para obtenção do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), sendo observado o número de sementes que formaram plantas por tratamento testado. Para o cálculo do IVE, foi utilizada a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn}$$

Sendo:

IVE = índice de velocidade de emergência;

E1, E2, En= número de sementes emergidas na primeira, segunda até a última contagem;

N1, N2, Nn= número de dias após a semeadura desde a primeira, segunda até a última contagem.

#### Experimento II: Delineamento estatístico e material vegetal após a conservação de sementes

O experimento de conservação das sementes foi conduzido em um delineamento em blocos ao acaso (DBC), em um esquema fatorial 2 x 3, sendo duas temperaturas de armazenamento (29°C e 5°C) e três estádios de maturação das

sementes (sementes imaturas, em amadurecimento e maduras), com oito repetições e dez sementes por repetição.

Conservação de sementes em temperaturas de 29°C e 5°C

Foram utilizadas sementes conservadas em temperatura de 29°C e 5°C, por um período de dois meses, sendo os estádios de maturação dos frutos: imaturo, em amadurecimento e maduro. As sementes foram colocadas em frascos de vidro com tampas de metal contendo borracha de isolamento (Figura 2). Posteriormente, foram semeadas em bandeja plástica (53 x 30 x 4 cm) contendo o substrato fibra de coco e irrigadas diariamente. O experimento foi conduzido com seis tratamentos e oito repetições de dez sementes.



Figura 2: Frascos utilizados no armazenamento das sementes para o experimento II. Sementes imaturas (A), em amadurecimento (B) e sementes maduras (C).

Foram feitas avaliações diárias até aos 35 dias após semeio. O Índice de Velocidade de Emergência (IVE) foi calculado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn}$$

Sendo:

IVE = índice de velocidade de emergência;

E1, E2, En= número de sementes emergidas na primeira, segunda até a última contagem;

N1, N2, Nn= número de dias após a sementeira desde a primeira, segunda até a última contagem.

#### 4.1.2.3. Teste de umidade e tetrazólio

O teste de umidade foi realizado por meio do método da estufa a 105°C por 24 horas, sendo feito de acordo com as recomendações descritas nas Regras para Análise de Sementes (RAS) (Brasil, 2009), com duas repetições de 25 sementes por estágio de maturação (frutos imaturos, em amadurecimento e maduros), colocadas em cadinho de alumínio (50 x 35 mm) para secagem.

Para a realização do teste de umidade foram utilizados dois lotes de 25 sementes oriundas de cada estágios de maturação antes e após a conservação de dois meses para avaliar a redução de água durante o período avaliado.

A viabilidade dos lotes de sementes, antes e após a conservação por dois meses, foi verificada por meio do teste de tetrazólio. Para essa verificação, seguiu-se o método sugerido pela RAS, em que as sementes tiveram seu tegumento e película protetora retiradas e colocadas para embeber em água por 18 horas a 30°C em câmara BOD, posteriormente, foram cortadas transversalmente com auxílio de um bisturi e colocadas em uma solução de 2,3,5 - Trifenil cloreto de tetrazólio a 1% por 24 horas a 30°C em câmara BOD no escuro. Ao final foi observado a viabilidade pela alteração da coloração das sementes para vermelho claro, indicando tecido vivo, e cor bege, para tecido morto. Foram avaliados dois lotes de 25 sementes de cada estágio de maturação e tempo.

#### 4.1.2.4. Análise estatística

As observações foram submetidas à pressuposição de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Após isso, foram submetidas à análise de variância e as médias, quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011).

### 4.1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1.3.1. Experimento I: Emergência de plântulas oriundas de sementes recém-coletadas

A análise de variância demonstrou diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para o Índice de Velocidade de Emergência (IVE). Tal resultado indica que houve diferença entre os diferentes estádios de maturação dos frutos de jaborandi (imaturo, em amadurecimento e maduro) avaliados (Tabela 1).

Tabela 1: Resumo da análise de variância com quadrados médios para a variável: índice de velocidade de emergência (IVE) para os diferentes estádios de maturação dos frutos de jaborandi. Campos dos Goytacazes/RJ, 2023.

FV	QM ( <i>jaborandi</i> )	
	GL	IVE
Blocos	7	0,238678 <sup>ns</sup>
Tratamentos	2	1642,2576 <sup>*</sup>
Resíduo	14	0,31514
CV (%)		34,14

<sup>ns</sup> Efeito não significativo e <sup>\*</sup>efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade de acordo com o teste F

As sementes dos frutos maduros foram as que apresentaram maior IVE (Figura 3).

Segundo Rodrigues et al. (2004), o vigor das sementes pode ser determinado pela velocidade de crescimento, observado pelo índice de velocidade de emergência. Dessa forma, espera-se que sementes mais vigorosas consequentemente tenham uma germinação mais rápida.

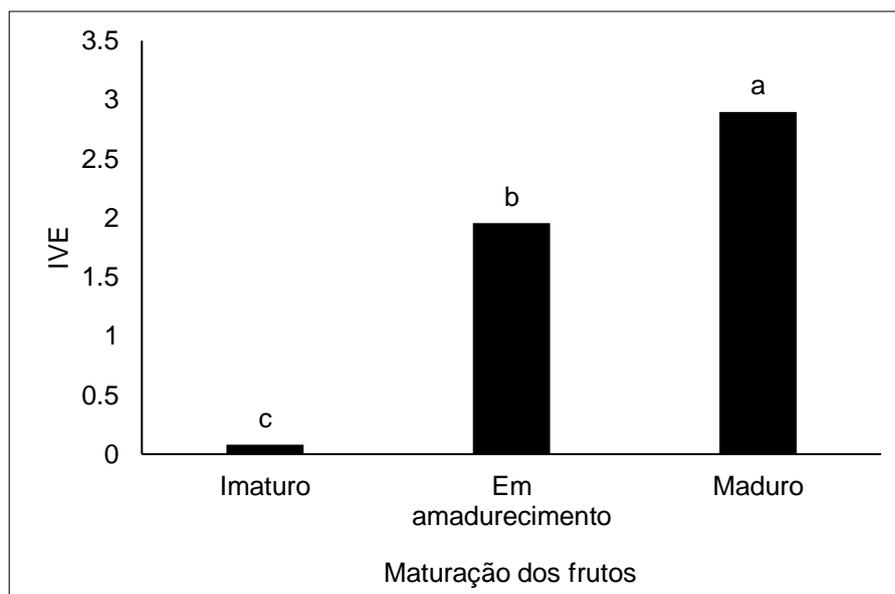


Figura 3: Índice de velocidade de emergência das sementes recém-coletadas após 41 dias em substrato fibra de coco. Diferentes letras representam a diferença estatística entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

A emergência de plântulas dos diferentes estádios de maturação dos frutos, iniciou aos 22 dias após a sementeira. Foi observado uma maior porcentagem de emergência quando utilizadas sementes maduras, com 80% de emergência, e 50% de emergência de sementes em amadurecimento, além disso, a emergência foi irregular entre os diferentes estádios de maturação. A emergência das sementes finalizou aos 41 dias após o semeio (Figura 4). Eira et al. (1992), obtiveram também alta germinação (82%) de sementes de jaborandi recém-coletadas.

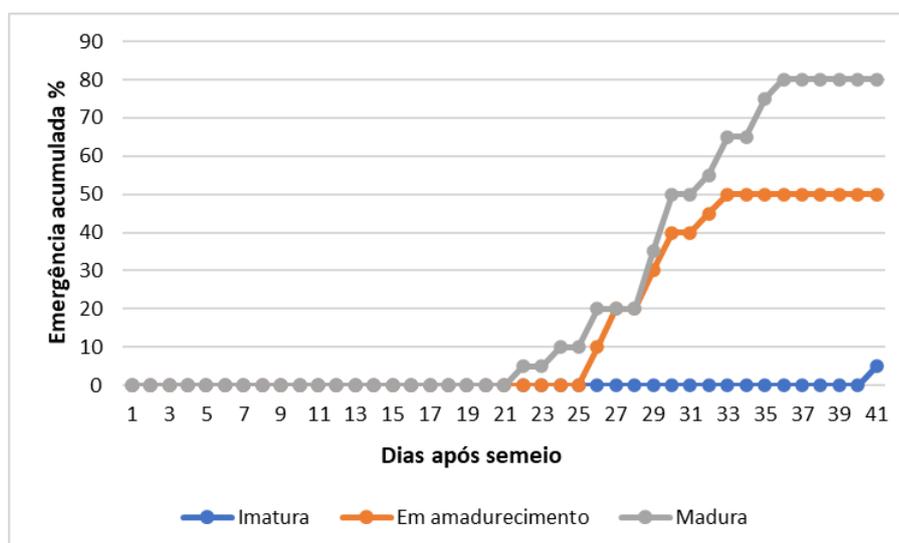


Figura 4: Emergência acumulada de mudas de jaborandi oriundas de diferentes estádios de maturação: sementes imaturas, em amadurecimento e maduras. Sementes recém-coletadas e semeadas em substrato fibra de coco, avaliada por 41 dias após a semeadura. Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

Observou-se diferença na emergência das sementes entre os tratamentos utilizados. A maior emergência foi obtida a partir de sementes oriundas de frutos dos estádios em amadurecimento e maduro. O estágio dos frutos imaturo teve emergência abaixo de 10%. Tal fato pode ser explicado pelo grau de maturação incompleto das sementes quando foram colhidas, diminuindo a possibilidade de emergência (Mendes et al., 2018).

#### 4.1.3.2. Experimento II: Emergência de plântulas após conservação de sementes em temperatura de 29°C e 5°C

Não houve germinação das sementes, conservadas durante dois meses a 29°C, dos frutos de estádios imaturo, em desenvolvimento e maduro.

Não houve germinação das sementes conservadas a 5°C durante o período de dois meses no estágio de frutos imaturo.

Para a análise de variância do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), houve diferença significativa dos frutos nos estádios de maturação em

amadurecimento e maduro, após a conservação de dois meses em temperatura a 5°C (Tabela 2).

Tabela 2: Médias dos valores da interação de variância do IVE dos estádios de maturação imaturo, em amadurecimento e maduro, após dois meses de conservação das sementes em temperatura de 29°C e 5°C. Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

Grau de maturação dos frutos	Temperatura	
	29°C	5°C
Imaturo	0 Aa	0 Ab
Em amadurecimento	0 Ba	2,22 Aa
Maduro	0 Aa	0,32 Ab

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância

Sementes conservadas em temperatura a 29°C de todos os estádios de frutos avaliados não germinaram após o armazenamento. As sementes do estágio imaturo conservadas a 5°C não apresentaram vigor para a emergência.

O IVE dos lotes de sementes quando conservadas a 5°C foi maior no estágio em amadurecimento, seguido por maduro (Figura 5).

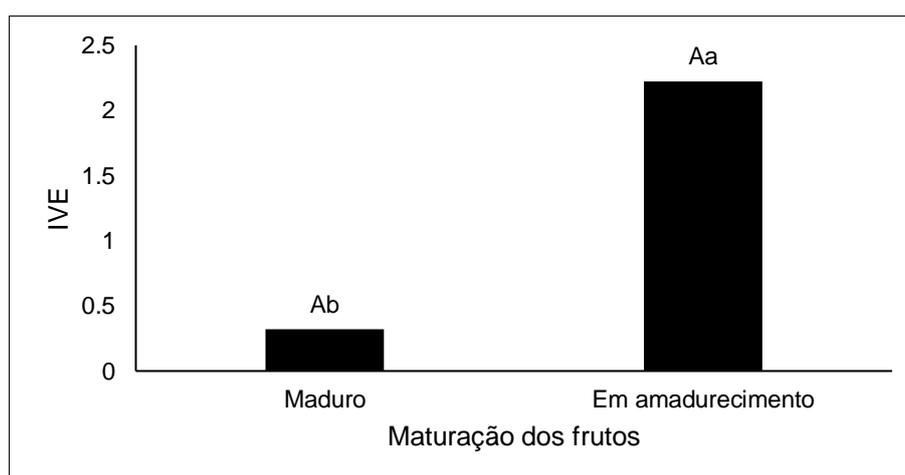


Figura 5: Índice de velocidade de emergência de mudas de sementes conservadas em temperatura de 5°C durante dois meses, avaliadas por 35 dias e semeadas em substrato de fibra de coco. Diferentes letras representam a diferença estatística entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

A diminuição de viabilidade do embrião das sementes pode estar relacionada a maturidade fisiológica e ao período de armazenamento do material em diferentes condições de temperaturas, aliado aos estádios de maturação das sementes. A emergência foi avaliada diariamente ao decorrer de 35 dias após sementeio para a realização de IVE. Para isso, foram contabilizadas sementes que germinaram e produziram plantas com parte aérea expandidas por tratamento testado.

A emergência das sementes do estágio em amadurecimento que foram armazenadas em temperatura a 5°C iniciou aos 21 dias após a sementeio. Foi observada maior porcentagem de emergência quando utilizadas sementes em amadurecimento, com 70% de emergência, e aproximadamente 10% de emergência para sementes maduras. Sementes maduras iniciaram a germinação aos 26 dias. A emergência das sementes finalizou aos 35 dias após o sementeio (Figura 6).

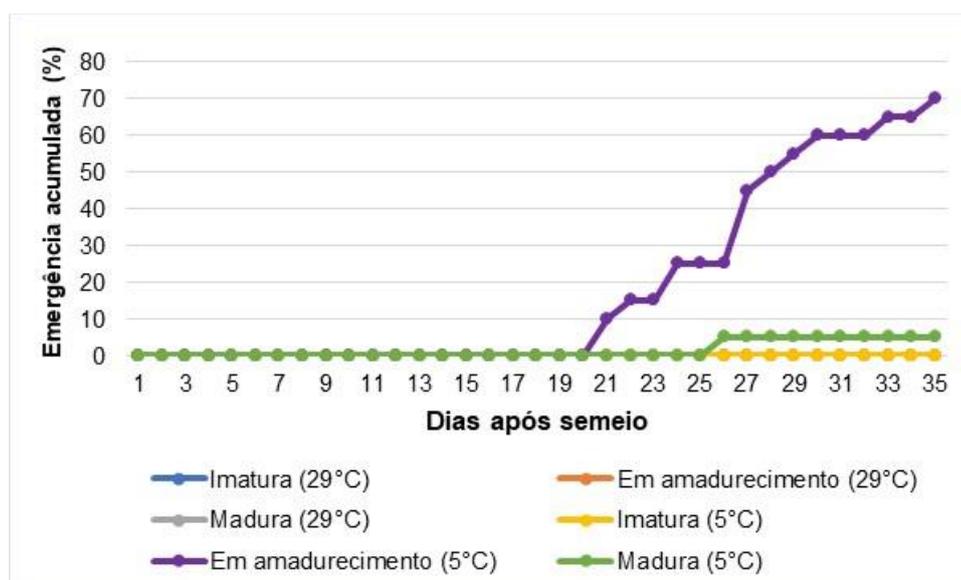


Figura 6: Emergência acumulada das sementes conservadas observadas 35 dias após o sementeio em substrato fibra de coco. Armazenamento em temperatura a 29°C: sementes imaturas, em amadurecimento e maduras, e armazenamento a 5°C: sementes imaturas, em amadurecimento e maduras. Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

Eira et al. (1992) observaram que sementes de jaborandi armazenadas em locais que apresentam variação de temperatura podem apresentar declínio na germinação, com uma redução de 82% para 48% de germinação, em um período de

três meses. A perda do poder germinativo de sementes de jaborandi também foi observada em estudo realizado por Magalhães et al. (1992), em que o jaborandi apresentou queda na germinação após 30 dias de armazenamento, resultando em uma taxa final de 50%.

#### 4.1.3.3. Análise do teste de teor de água e tetrazólio de sementes conservadas antes e após dois meses

É possível verificar a redução da umidade presente nas sementes ao longo do período analisado (Tabela 3). Todas as sementes conservadas apresentaram redução de umidade no decorrer do período. Calil et al. (2008) em seu trabalho utilizando frutos de *P. pennatifolius* verificaram que as sementes apresentaram um teor de água de 17,4% e elevado percentual de germinação (85%), apresentando deiscência dos frutos aos 36 dias em ambiente de laboratório, e diminuição da umidade nas sementes, porém manteve a percentagem de germinação desde a coleta.

Tabela 3: Teor de água (%) presente nas sementes antes e após a conservação por 60 dias em duas temperaturas: 29°C e 5°C. Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

Maturação dos frutos	Temperatura de conservação (°C)	Teor de água (%)	
		Inicial	60 dias
Imaturo	29	33	28
Em amadurecimento	29	27	25
Maduro	29	19	17
Imaturo	5	45	42
Em amadurecimento	5	12	9
Maduro	5	23	18

A viabilidade de sementes de jaborandi pode ser mantida de acordo com o método feito para o armazenamento. Sementes conservadas em condições apropriadas permanecem viáveis por mais tempo em temperaturas baixas (Roberts, 1973).

A análise de vigor das sementes a partir do teste de tetrazólio, demonstrou uma baixa porcentagem de sementes viáveis após dois meses de armazenamento das sementes (Tabela 4).

Tabela 4: Viabilidade de sementes após a conservação por dois meses em duas diferentes temperaturas: 29°C e 5°C. Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

<b>Maturação dos frutos</b>	<b>Temperatura de conservação (°C)</b>	<b>Viabilidade (%)</b>
Imaturo	29	12
Em amadurecimento	29	10
Maduro	29	12
Imaturo	5	20
Em amadurecimento	5	28
Maduro	5	36

O teste de tetrazólio favorece a identificação da viabilidade das sementes por meio da mudança de coloração das sementes com tecidos vivos, pois a alteração na cor das sementes na presença de uma solução de cloreto 2,3,5-trifenil tetrazólio, reflete a atividade da respiração e viabilidade das sementes, sendo possível diferenciar o tecido que vivo (respira) do que não apresenta atividade fisiológica (Santos, 2019).

O teste do tetrazólio (Figura 7), serviu como fator determinante para avaliar a viabilidade das sementes após a conservação por dois meses, explicando desse modo as baixas porcentagens de emergência de plantas no experimento, e perda na viabilidade dos tratamentos mantidos em condições de temperatura ambiente (29°C).

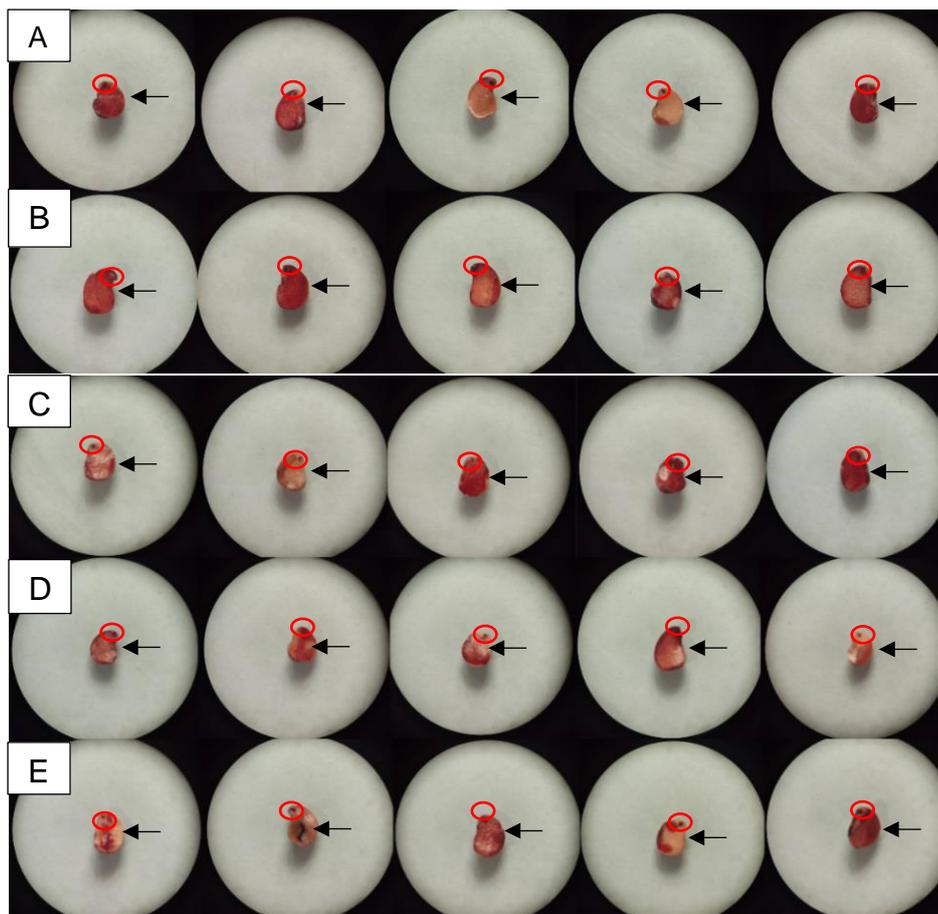


Figura 7: Visualização do embrião das sementes após teste de tetrazólio para verificar a viabilidade dos estádios de maturação imaturo (29°C) (A), em amadurecimento (29°C) (B), maduro (29°C) (C), imaturo (5°C) (D), em amadurecimento (5°C) (E). Campos dos Goytacazes/RJ, 2022. Legenda: Círculo vermelho, embrião. Seta preta, cotilédone.

Além disso, segundo França Neto e Krzyzanowski (2019), o objetivo do teste de tetrazólio visa fornecer o diagnóstico de possíveis problemas de qualidade das sementes, tais como: danos mecânicos causados por insetos, problemas na pré-colheita, e a deterioração durante a armazenagem. Enquanto o teste de germinação determina a capacidade das sementes em gerar plântulas normais nas condições apropriadas de umidade, substrato, temperatura e luz (Brasil, 2009).

O índice de velocidade de emergência, porcentagem de emergência e o teor de água das sementes podem sofrer alterações em decorrência de temperatura, corroborando com Marcos Filho (2005). Todavia, essa diferença pode ser pelo fato das sementes que foram utilizadas não terem sido dessecadas antes do

armazenamento. Na literatura podem ser encontrados diferentes resultados, em que é possível ocorrer modificações na germinação pelas condições de temperatura e conservação em que as sementes são submetidas.

No trabalho realizado por Ferreira et al. (2004), estudando espécies florestais, com germinação desuniforme, e médias de viabilidade entre germinação e tetrazólio, ambos os testes diferindo de 10%. No presente estudo realizado com as temperaturas de 29°C e 5°C foram verificadas médias superiores em relação à germinação e viabilidade das sementes de jaborandi.

#### **4.1.4. CONCLUSÃO**

O índice de velocidade de emergência de sementes obtidas de frutos maduros alcançou 80% de emergência, sendo superior entre os demais estádios quando as sementes foram recém-coletadas. Após dois meses de conservação, sementes oriundas de frutos em amadurecimento obtiveram 70% de emergência, quando armazenadas em temperatura de 5°C.

O teste do tetrazólio das sementes nos estádios em amadurecimento e maduro apresentou que as sementes conservadas durante o período de dois meses perdem a viabilidade, entretanto, a temperatura de 29°C foi prejudicial para o armazenamento, quando comparada a temperatura de 5°C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiquifi. (2020) Associação Brasileira da Indústria de Insumos Farmacêuticos. Os 10 principais insumos farmacêuticos exportados por códigos específicos da TEC. Associação Brasileira da Indústria Farmoquímica e de Insumos Farmacêuticos: Disponível em: <<https://abiquifi.org.br/o-custo-do-atraso-brasil-produz-apenas-5-dos-insumos-de-medicamentos>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Andriolo, J.L., Janisch, D.I., Schmitt, O.J., Vaz, M.A.B., Cardoso, F.L., Erpen, L. (2009) Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*, 39(3):684-690. DOI [doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008).

Bewley, J.D., Black, M. (2013) *Seeds: physiology of development and germination*. Springer Science e Business Media, 2(1):1-33. DOI [doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8).

Borghetti, F., Ferreira, A.G. (2004) Interpretação de resultados de germinação. In: Ferreira, A. G., Borghetti, F. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artemed, 209-222.

Brasil, E.C. (1996) Níveis de nitrogênio, fósforo e potássio na produção de mudas de jaborandi. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e nutrição de plantas, 22. Anais. Manaus: SBCS. 666-667p.

Brasil. (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, 395p.

Caldeira, C.F., Giannini, T.C., Ramos, S.J, Vasconcelos, S., Mitre, S.K., Pires, J.P.A., Ferreira, G.C., Ohashi, S., Mota, J.A., Castilho, A., Siqueira, J.O., Neto, A.E.F. (2017) Sustentabilidade do Jaborandi no leste da Amazônia brasileira. *Perspectives in Ecology Conservation*, 15:161-171. DOI [doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.002](https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.002).

Calil, A.C., Leonhardt, C., Souza, L.D.S., Silva, V.S. (2008) Viabilidade de sementes armazenadas de frutos imaturos de jaborandi (*Pilocarpus pennatifolius* Lem. – Rutaceae). *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 14(1):63-66.

Carvalho Maia, H.M., Martins, V.C.R., Brasil, T.B., Martins, R.J., Araújo, K.S., Souza, F.G., Silva, J.A. (2022) Cultivo de rúcula (*Eruca sativa* L.) em ambiente protegido sob diferentes concentrações de solução nutritiva. *Revista Agrária Acadêmica*, 5(1):29-37.

Carvalho, L.R. (2000) Classificação Fisiológica de Sementes de Espécies Florestais quanto à Capacidade de Armazenamento. (Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Lavras, 97p.

Chin, H.F. (1988) Recalcitrant seeds - a status report. Rome, IBPGR, 28p.

CNC Flora. (2014) Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em: <<http://cncflora.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 12 dez. 2022.

Coelho, R.I., Lopes, J.C., Groth, D., Souza, A.N. (2001) Caracterização morfológica da planta, frutos, sementes e plântulas de tangerina (*Citrus reticulata* L.) de ocorrência natural no sul do Estado Espírito Santo. Revista Brasileira de Sementes, 23:294-301.

Cometti, N.N., Furlani, P.R., Genuncio, G.C. (2018) Soluções nutritivas: Composição, formulações, usos e atributos. In: Fernandes, M.S., Souza, S.R., Santos, L.A. Nutrição Mineral de Plantas. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 9-46.

Corlett, F.M.F., Barros, A.C.S.A., Villela, F.A. (2007) Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. Revista Brasileira de Sementes, 29(2):148-158. DOI [doi.org/10.1590/S0101-31222007000200021](https://doi.org/10.1590/S0101-31222007000200021).

Costa, F. (2005) Extrativismo de jaborandi na região de Carajás: histórico, situação atual e perspectivas. (Especialização em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 41p.

Eira, M.T.S., Vieira, R.F., Mello, C.M.C., Freitas, R.W.A. (1992) Conservação de sementes de Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.). Revista Brasileira de Sementes, 14(1):37-39.

Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E.H. (1985) Handbook of seed technology for genebanks. II Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, 456p.

Faccion, C. (2011) Qualidade de sementes de feijão durante o beneficiamento e armazenamento (Dissertação de mestrado em Agronomia). Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras, UFLA. 49p.

Ferreira, D.F. (2011) Sisvar: um sistema de análise estatística de computador. Ciência e Agrotecnologia. 35:1039-1042.

Ferreira, R.A., Davide, A.C., Motta, M. S. (2004) Vigor e viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. E *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn.,

num banco de sementes em solo de viveiro. *Revista Brasileira de Sementes*, 26(1):24-31. DOI [doi.org/10.1590/S0101-31222004000100004](https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000100004).

França-Neto, J.B., Krzyzanowski, F.C. (2019) Tetrazolium: an importante test for physiological seed quality evaluation. *Journal of Seed Science*, 41(3):359-366. DOI [doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104](https://doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104).

França-Neto, J.D.B., Krzyzanowski, F.C., Henning, A.A., Pádua, G.P. (2010) Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Edição do III Workshop Brasileiro sobre Controle de Qualidade de Sementes, Uberlândia. *Informativo ABRATES*, 20(3):26-32.

Homma, A.K.O., Menezes, A.J.A. (2014) O extrativismo de folhas de Jaborandi no município de Parauapebas, Estado do Pará. *In Extrativismo vegetal na Amazônia*, 1(30).

Huett, D.O. (1994) Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K: Ca ratio in solution. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45(1):251-267. DOI [doi.org/10.1071/AR9940251](https://doi.org/10.1071/AR9940251).

IBGE. (2019) Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>. Acesso em: 05 out. 2022.

José, A.C., Silva, E.A.D., Davide, A.C. (2007) Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, (29):171-178. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n2/v29n2a23.pdf>. Acesso em: 05 out. 2022.

Kämpf, A.N., Fermino, M.H. (2000) Seleção de materiais para uso como substrato. *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre, 139-145.

Lameira, O.A., Cordeiro, I.M.C.C., Pires, H.C.G. (2020) Avaliação dos descritores morfoagronômico e morfoanatomia da lâmina foliar de *Pilocarpus: Microphyllus* Stapf ex Wardleworth – Rutaceae, *Ananas Comosus* Var. *Erectifolius* (L. B. Smith) Coppens e F. Leal – Bromeliaceae e *Psychotria Ipecacuanha* (Brot.) Stokes. Editora Appris, 177p.

Lameira, O.A., Pinto, J.E.B.P. (2008) Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular. Embrapa Amazônia Oriental, 19-26.

Lima, D.F. (2008) Alcaloides de interesse industrial: aspectos químicos e biológicos. (Especialização em Plantas Medicinais) – Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Universidade Federal de Lavras, UFLA, 56p.

Lima, D.F., Lima, L.I., Rocha, J.A., de Andrade, I.M., Grazina, L.G., Villa, C., Leite, J.R.S.A. (2017) Seasonal change in main alkaloids of jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth), an economically important species from the Brazilian flora. Plos one, 12(2):e0170281. DOI doi.org/10.1371/journal.pone.0170281.

Lima, D.F., Silva, R., Marques, L.G.A., Veras, L., Simões, E., Almeida, J.R.D.S., Pessoa, C. (2015) Prospecção tecnológica do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*): espécie economicamente importante no norte e nordeste do Brasil. Revista Geintec-Gestao Inovacao e Tecnologias, 5(1):1626-1638. DOI doi.org/10.7198/S2237-0722201500010003.

Lima, J.D., Silva, B.M.S., Moraes, W.S., Dantas, V.A.V., Almeida, C.C. (2008) Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul. (Leguminosae, Caesalpinoideae). Acta Amazonica, 38(1):5-10. DOI doi.org/10.1590/S0044-59672008000100002.

Magalhães, P.M., Figueira, G.M., Montanari, JR. I., Lúcio, E.M.R.A. (1992) Aspectos agrônômicos e fitoquímicos do cultivo de *Pilocarpus microphyllus* Stapf. In: Simpósio de Plantas medicinais do Brasil, Curitiba, UFPR. Anais, 181.

Maguire, J.D. (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2:176-177.

Marcos-Filho, J. (1986) Germinação de sementes. In: Cicero, S.M., Marcos Filho, J., Silva, W.R. Atualização em produção de sementes. Campinas: Fundação Cargill, 11-39.

Marcos-Filho, J. (2005) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 495p.

Mendes, N. V. B., Castro, L.D., Medeiros Corrêa, M. C., Natale, W. (2018) Emergência e desenvolvimento inicial do açaizeiro em diferentes substratos e ambientes. Acta Iguazu, 7(2):84-96. DOI doi.org/10.48075/actaiguaz.v7i2.16287.

Mishra, M.R.M., Srivastava, R.K., N. Akhtar. (2019) Efeito do nitrogênio, fósforo e pH médio para aumentar a produção de alcaloides a partir da cultura em suspensão de células de *Catharanthus roseus*. International Journal of Secondary Metabolite, 6(53):137. DOI doi.org/10.21448/ijsm.559679.

Monfort, L.H.F. (2015) Estudo da morfologia e germinação de sementes de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holmes). (Dissertação de Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras. UFLA, 29p.

Nakagawa, J. (1994) Testes de Vigor Baseados na avaliação de Plântulas. In: Vieira, R.D., Carvalho, N.M. Testes de Vigor em Sementes. Jaboticabal: FUNEP, 49-86.  
Neto, E.B., Barreto, L. (2012) As técnicas de hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, 9(1):107-137.

Nordstrom, B.L., Friedman, D.S., Mozaffari, E., Quigley, H.A., Walker, A.M. (2005) Persistence and adherence with topical glaucoma therapy. American journal of ophthalmology, 140(4):598-e1. DOI doi.org/10.1016/j.ajo.2005.04.051.

Pinheiro, C.U.B. (2002) Extrativismo, cultivo e privatização do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* ex Holm., *Rutaceae*) no Maranhão, Brasil. Acta Botânica Brasileira, 16(2):141-150. DOI doi.org/10.1590/S0102-33062002000200002.

Pirani, J.R. (2002) Rutaceae: Coordenação, descrição da família e chave de gêneros. Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo. São Paulo, 2:23. Disponível em: <<http://botanica.sp.gov.br/files/2016/02/Rutaceae.pdf>>. Acesso em: 20 out. 2022.

Reflora. (2016) Rutaceae em construção. Brasil: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB866>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

Roberts, E.H., King, M.W., Ellis, R.H. (1984) Recalcitrante seeds: their recognition and storage. In: Holden, J. H. W., Williams, J. T. Crop genetic resources: conservation and evaluation, 38-52.

Rodrigues, F.C.M.P., Figliolia, M.B., Peixoto, M.C. (2004) Testes de qualidade. In: Ferreira A.G, Borghetti F. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: ARTMED, 283-297.

Sabá, R.T., Lameira, O.A., Luz, J.M.Q., Gomes, A.P.D.R., Innecco, R. (2002) Micropropagação do jaborandi. Horticultura Brasileira, 20(1):106-109. DOI doi.org/10.1590/S0102-05362002000100021.

Saleh, E.O.L., Luis, Z.G., Scherwinski, J.E.P. (2017) Determination of physiological and environmental conditions for the storage of babassu palm seeds (*Attalea speciosa*). Seed Science and Technology, 45(1):139-150. DOI doi.org/10.15258/sst.2017.45.1.24.

Sandhu, S.S., Abreu, I.N., Colombo, C.A., Mazzafera, P. (2006) Pilocarpine content and molecular diversity in jaborandi. Scientia Agricola, 63(5):478-482. DOI doi.org/10.1590/S0103-90162006000500010.

Santos, A.P., Moreno, P.R.H. (2013) Alkaloids derived from histidine: Imidazole (*pilocarpine*, *pilosine*). Handbook of natural products. Springer, cap. 6. Disponível em:

<<http://www.springerreference.com/docs/html/chapterdbid/363118.html>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

Santos, M.R. (2019) Adequação do teste de tetrazólio e fenotipagem computacional da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* A.C. Smith (Fabaceae). (Dissertação de mestrado em Pós-Graduação de Produção Vegetal). Universidade de Minas Gerais – UFMG, 65p.

Sawaya, A.H.F., Abreu, I.N., Andreazza, N.L., Mazzafera, P. (2010) Pilocarpina e alcalóides relacionados em *Pilocarpus Vahl* (Rutaceae) em Alcalóides: Propriedades, aplicações e efeitos farmacológicos, Nova Science Publishers, 63-80.

Scalon, S.D.P.Q., Mussury, R.M., Scalon-Filho, H., Francelino, C.S.F., Florencio, D.K.A. (2006) Armazenamento e tratamento pré-germinativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). Revista *Árvore*, 30(2):179-185. DOI [doi.org/10.1590/S0100-67622006000200004](https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200004).

Silva, D.O., Frassetto, E.G. (2011) Enraizamento de estacas de *Pilocarpus microphyllus* Stapf (Jaborandi). Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ENRAIZAMENTO%20DE%20ESTACAS%20DE%20Pilocarpus%20microphyllus%20Stapf.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

Silva, L.L.D. (2006) Morfologia e anatomia da semente de *Esenbeckia grandiflora* Mart. (Rutaceae). Revista Brasileira de Sementes, 28(2):1-6. DOI [doi.org/10.1590/S0101-31222006000200001](https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200001).

Silva, P., Macêdo, C.D.S., Ferreira, N., Lameira, O., Cunha, P., Cunha, R. (2015) Propagação vegetativa de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) pelo método da enxertia. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1036466/propagacao-vegetativa-de-jaborandi-pilocarpus-microphyllus-pelo-metodo-da-enxertia>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Sonneveld, C., Voog, T.W. (2009) Plant nutrition in future of greenhouse production. Springer, 393-403. DOI [doi.org/10.1007/978-90-481-2532-6\\_17](https://doi.org/10.1007/978-90-481-2532-6_17).

Souza, I.N.G.S., Lameira, O.A. (2019) Avaliação do desenvolvimento de mudas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holmes) em diferentes tipos de substratos. 23º Seminário PIBIC 2019: Embrapa Amazônia Oriental, Pará. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1113352>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

Torres, S.B. (2005) Qualidade de sementes de melancia armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. Revista *Ciência Agrônômica*, 36(2):163-168.

Tsai, J.C., McClure, C.A., Ramos, S.E., Schlundt, D.G., Pichert, J.W. (2003) Compliance barriers in glaucoma: a systematic classification. *Journal of glaucoma*, 12(5):393-398.

Viegas, I., Carvalho, J.G., Brasil, E.C., Santiago, E.A. (1998) Sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Starf.). EMBRAPA, 84:1-5. (Comunicado Técnico).

Zobayed, S.M.A., Afreen, F., Kozai, T. (2005) Necessity and production of medicinal plants under controlled environments. *Environmental Control Biology*, 43(4):243-252.

#### 4.2. Condutividades elétricas da solução nutritiva para produção de mudas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) em substrato

##### RESUMO

A indicação de adubação na produção de mudas para o jaborandi é pouco explorada e requer mais pesquisas relacionadas a cultura. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da condutividade elétrica da solução nutritiva na produção de mudas de jaborandi em substrato. O delineamento do experimento foi em blocos ao acaso (DBC), sendo constituído de cinco tratamentos com doses de solução nutritiva em diferentes condutividades elétricas ( $0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  e  $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Foram utilizadas sementes do estádio em amadurecimento dos frutos. Após as mudas de jaborandi apresentarem o primeiro par de folíolos, aos 25 dias, foi iniciada a aplicação da solução nutritiva uma vez por semana, totalizando 11 aplicações para cada tratamento. As variáveis avaliadas nesta etapa foram: altura das mudas, diâmetro do caule, volume radicular, comprimento radicular, massa da matéria seca da parte aérea, raiz e total, área foliar e número de folhas. Para comparar e interpretar os resultados, as observações foram submetidas à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e submetidos ao teste de regressão, utilizando o SISVAR. A solução nutritiva na condutividade elétrica de  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  proporcionou maiores resultados para as variáveis número de folhas, diâmetro do caule, área foliar, massa da matéria seca da parte aérea e raiz, e índice de cor verde. Logo, demonstrando ser a solução mais adequada para a produção de mudas de jaborandi em substrato fibra de coco durante o tempo de crescimento avaliado nesse estudo.

##### ABSTRACT

The indication of fertilization in the production of seedlings for jaborandi is little explored and requires more research related to culture. The objective of the study was to evaluate the effects of the electrical conductivity of the nutrient solution on the production of jaborandi seedlings in substrate. The experimental design was in

randomized blocks (DBC), consisting of five treatments with doses of nutrient solution at different electrical conductivities ( $0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  and  $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ). Seeds from the fruit ripening stage were used. After the jaborandi seedlings presented the first pair of leaflets, at 25 days, the nutrient solution was applied once a week, totaling 11 applications for each treatment. The variables evaluated at this stage were: seedling height, stem diameter, root volume, root length, shoot, root and total dry matter mass, leaf area and number of leaves. To compare and interpret the results, the observations were subjected to analysis of variance (ANOVA) using the F test and subjected to the regression test, using SISVAR. The nutrient solution with an electrical conductivity of  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  provided greater results for the variables number of leaves, stem diameter, leaf area, dry matter mass of the shoot and root, and green color index. Given the above, the  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  conductivity solution was the most suitable for the production of jaborandi seedlings in coconut fiber substrate during the growth time evaluated in this study.

#### 4.2.1. INTRODUÇÃO

O jaborandi é uma importante espécie medicinal, porém, apresenta informações insuficientes referentes ao uso de adubação mineral para a produção de mudas (Viegas et al., 1998).

A obtenção de mudas com boa qualidade requer um conhecimento prévio sobre a cultura e os possíveis recursos de manutenção necessários para auxiliar na fase inicial de crescimento do vegetal. Nesse sentido, o uso da adubação proporciona um maior desenvolvimento vegetal, aumenta a porcentagem de enraizamento e o surgimento de raízes, levando a produção de mudas mais vigorosas (Hartmann et al., 2002).

A espécie *P. microphyllus* sofreu evolução adaptativa sob pressões ambientais, o que pode ter alterado a produção de metabólitos secundários, favorecendo ou agindo como inibidor da síntese de alcaloides (Abreu et al., 2011). Vale destacar que espécies originárias da Amazônia, Norte do Brasil e América

Central apresentam maior heterogeneidade de alcaloides e insumos enzimáticos (Allevato et al., 2019).

Apesar dessas observações, as plantas do jaborandi tendem a produzir maiores concentrações de pilocarpina em condições naturais (Sandhu et al., 2006) do que em condições controladas, bem como quando possuem aporte adequado de nutrientes, como N, P e K (Avancini et al., 2003).

A relação entre nitrogênio e alcaloides foi relatada pelos autores Mishra et al., (2019) em seus estudos. Esses autores encontraram um aumento significativo de 860 mg L<sup>-1</sup> de alcaloides em *Catharanthus roseus* quando o suprimento de nitrogênio e fósforo aumentaram. Alguns outros micronutrientes, como Cu, Fe, Mo e Mn, podem influenciar o processo biossintético de metabólitos por serem ativadores enzimáticos (Isah, 2019).

Na literatura existe poucos trabalhos para a produção de mudas utilizando adubação para a espécie do jaborandi. Brasil (1996) estudando adubação com NPK verificou quais os efeitos gerados pelas diferentes dosagens após a formação de mudas de jaborandi, sendo utilizados para a produção de mudas substratos como terra preta, serragem curtida e esterco de curral. A aplicação de fósforo e nitrogênio, favorecidos pela adubação mineral realizada, favoreceu no crescimento vegetativo das mudas e na produção de matéria seca.

Viegas et al. (1998) avaliaram a produção de matéria seca e caracterizaram as deficiências provocadas pela omissão de macro e micronutrientes na cultura do jaborandi, utilizando a solução proposta por Bolle-Jones (1957).

Com base na solução já utilizada por Viegas et al. (1998), o presente estudo tem como objetivo avaliar os efeitos da condutividade elétrica da solução nutritiva na produção de mudas de jaborandi em substrato fibra de coco.

## **4.2.2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.2.1. Local de experimentação**

O experimento foi conduzido no período de agosto a novembro de 2022 no Setor de Horticultura do Laboratório de Fitotecnia (LFIT) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) e na Unidade de Apoio a Pesquisa (UAP) da

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) em Campos dos Goytacazes, RJ.

#### 4.2.2.2. Delineamento estatístico

O delineamento adotado foi de blocos ao acaso (DBC), constituído por cinco doses de solução nutritiva de Bolle-Jones (1957) com diferentes condutividades elétricas ( $0 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$ ;  $1,6 \text{ mS cm}^{-1}$ ,  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  e  $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$ ), com cinco repetições e dez plantas por repetição.

#### 4.2.2.3. Material vegetal

As sementes utilizadas foram coletadas de frutos em estágio de maturação em amadurecimento (cor esverdeada amarelada), colhidas em julho de 2022 no Horto de Plantas Medicinais na Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA. Foram semeadas em bandejas plásticas contendo o substrato fibra de coco. Após 25 dias deu-se início as adubações quando as mudas apresentaram o primeiro par de folíolos. A aplicação da solução nutritiva foi feita semanalmente, totalizando 11 aplicações.

#### 4.2.2.4. Preparo de mudas e aplicação de solução nutritiva

Foram utilizadas sementes oriundas do estágio de maturação em amadurecimento. As sementes foram semeadas em bandeja plástica (53 x 30 x 4 cm) contendo substrato fibra de coco para uso agrícola e florestal da marca Golden Mix, e irrigadas diariamente. Aos 25 dias após a semeadura, quando as plantas apresentaram as primeiras folhas, estas receberam solução nutritiva com água deionizada como controle e  $0,8 \text{ mS cm}^{-1}$  de condutividade elétrica para todos os demais tratamentos na primeira semana, sendo aumentada gradualmente uma vez

por semana até cada tratamento receber a condutividade máxima após 05 semanas do início da aplicação, aos 70 dias do início do experimento. A adubação foi feita com 10 mL de solução aferida em proveta, durante 11 semanas. As bandejas foram mantidas em casa de vegetação, e irrigadas entre os intervalos de aplicação semanal durante todo o período de condução do experimento.

Soluções estoques foram preparadas com os sais: fosfato de sódio ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), nitrato de cálcio ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), nitrato de potássio ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), sulfato de potássio ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), sulfato de magnésio ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), sulfato de amônio ( $1 \text{ mol L}^{-1}$ ), ácido bórico ( $61,83 \text{ mM L}^{-1}$ ), sulfato de manganês ( $151,0 \text{ mg L}^{-1}$ ) trióxido de molibdênio ( $143,94 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de zinco ( $161,47 \text{ mg L}^{-1}$ ), sulfato de cobre ( $159,61 \text{ mg L}^{-1}$ ) e ferro EDTA ( $25 \text{ g L}^{-1}$ ) (Tabela 1). Para o preparo das soluções foi utilizada água desionizada com condutividade elétrica de  $0 \text{ mS cm}^{-1}$ , previamente aferido com medidor portátil de condutividade.

Tabela 1: Volume das soluções-estoque (1000 mL) para o preparo das soluções nutritivas com diferentes condutividades elétricas de acordo com a solução de Bolle-Jones (1957).

Solução estoque	Quantidade g/mol	Condutividade elétrica				
		0 mS $\text{cm}^{-1}$	0,8 mS $\text{cm}^{-1}$	1,6 mS $\text{cm}^{-1}$	2,4 mS $\text{cm}^{-1}$	3,2 mS $\text{cm}^{-1}$
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (mM)	119,98	0	0,5	1,0	1,5	2,0
Ca <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (mM)	236,15	0	1,0	2,0	3,0	4,0
KNO <sub>3</sub> (mM)	101,1	0	0,5	1,0	1,5	2,0
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1/2 mM)	174,26	0	2,0	4,0	6,0	8,0
MgSO <sub>4</sub> (1/2 mM)	120,36	0	1,25	2,5	3,75	5,0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mM)	132,14	0	0,5	1,5	2,5	3,0
Sol A* ( $\mu\text{M}$ )		0	0,5	1,0	1,5	2,0
Sol Fe-EDTA ( $\mu\text{M}$ )	26,1	0	0,5	1,0	1,5	2,0

Fonte: Viegas et al. (1998) adaptada

\*Composição da solução A: 412 mg de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 1750 mg de MnSO<sub>4</sub>; 250 mg de CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O; 431 mg de MoO<sub>3</sub>; 287 mg de ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O

#### 4.2.2.5. Análises fisiológicas e biométricas

Aos 101 dias após o semeio e 76 dias após foram aplicados aos tratamentos a solução nutritiva e diferentes condutividades elétricas, em seguida foram realizadas análises fisiológicas do Índice de cor verde nas folhas por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502 (Minolta, Japão), de rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm) e Índice Fotossintético (Photosynthetic Index - PI). Para a avaliação da eficiência fotoquímica, o rendimento quântico máximo do fotossistema II (PSII) (Fv/Fm) e o Índice Fotossintético (PI) ( $PI = RC/ABS \times FV/F_0 \times 15 \times ET/(TR-ET)$ ), foram medidas no terceiro par de folíolos, por meio de um fluorímetro não-modulado, modelo Pocket PEA Chlorophyll Fluorimeter (Hansatech Instruments – King's Lynn, Norfolk). Para aumentar a precisão dos centros de reações do fotossistema II (PSII), a folha foi pinçada e permaneceu no escuro por 20 minutos. Ao usar três diodos emissores de luz com comprimento de 650 nm, o equipamento incidiu um feixe de luz de  $3500 \mu\text{mol de fótons m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Foram realizadas, ao final do experimento, análises biométricas das seguintes variáveis: altura das mudas (ALT), diâmetro do caule (DC), volume radicular (VR), comprimento radicular (CR), massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), massa da matéria seca da raiz (MMSR), massa da matéria seca total (MMST), área foliar (AF) e número de folhas (NF).

Para as análises fisiológicas foram utilizados os equipamentos SPAD e Pocket, em uma amostragem de seis plantas representando cada repetição. As análises biométricas foram realizadas a partir de uma avaliação amostral de dez plantas por cada repetição. A altura foi medida a partir do início do colo até a ponta do ramo principal por meio de régua. O diâmetro do caule foi mensurado com paquímetro digital, e o resultado foi expresso em mm. A determinação do volume radicular foi feita colocando as raízes em proveta graduada, contendo volume de 5 ml. Sendo o volume definido pela diferença do volume no interior da proveta ao colocar e retirar a raiz no interior da proveta. O comprimento radicular foi aferido com a utilização de régua. Para a determinação de massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) e da raiz (MMSR) foi utilizada balança analítica (precisão – 0,001 g). A área foliar foi avaliada pelo programa Image J, sendo avaliadas cinco plantas de cada tratamento. Em seguida,

todo o material foi colocado em sacos de papel identificados e submetidos à secagem em estufa por 72 horas a 70°C.

#### 4.2.2.6. Análise estatística

Para comparar e interpretar os resultados, as observações foram submetidas à análise de variância (ANOVA) pelo teste F e submetidas ao teste de regressão determinando-se a curva de resposta para cada variável estudada de acordo com o maior expoente significativo, utilizando o Programa Operacional SISVAR 5.6 (Ferreira, 2011).

### 4.2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.2.4.1. Mudanças de jaborandi após aplicação de solução nutritiva

Os resultados da análise de variância, demonstram que houve diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre as condutividades elétricas aplicadas para as variáveis fisiológicas: Índice de cor verde nas folhas feita por meio do medidor portátil de clorofila modelo SPAD-502, eficiência fotoquímica, o rendimento quântico máximo do fotossistema II (PSII) ( $F_v/F_m$ ) e o Índice Fotossintético (PI) ( $PI = RC/ABS \times FV/F0 \times 15 \times ET/(TR-ET)$ ), e altura das mudas, diâmetro do caule, volume e comprimento radicular, massa da matéria seca da parte aérea, massa da matéria seca da raiz, área foliar e número de folhas. Entre as variáveis volume radicular, altura, comprimento da raiz,  $F_v/F_m$  e PI não houve diferença significativa entre as condutividades elétricas da solução nutritiva testadas (Tabela 4).

Em relação às análises fisiológicas apenas para a variável índice de cor verde houve diferença significativa entre os tratamentos testados. Para as variáveis índices PI e  $F_v/F_m$  não houve diferença significativa (Tabela 2).

Os coeficientes de variação, para as variáveis analisadas, apresentaram valores de CV% variando de 1,7% (Fv/Fm) a 21,26% (MMSPR), indicando boa precisão experimental e confiabilidade dos dados.

Tabela 2: ANOVA do número de folhas (NF), diâmetro do caule (DC), área foliar (AF), volume radicular (VR), massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA), massa da matéria seca da raiz (MMSR), massa da matéria seca total (MMST), altura (ALT), comprimento da raiz (CR), rendimento quântico máximo do fotossistema II (Fv/Fm), índice de verde (SPAD), volume radicular (VR), altura (ALT) de mudas de jaborandi em função da condutividade elétrica em substrato fibra de coco.

FV	QM (jaborandi)				
	GL	NF	DC	AF	VR
Trat	4	4,265 *	0,068270 *	121,083036 *	0,007850 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,19	0,007045	7,79036	0,004538
CV (%)		10,48	5,74	19,13	19,36
FV	GL	MMSPA	MMSPR	MMST	ALT
Trat	4	0,002490 *	0,000226 *	0,002716 *	0,538350 <sup>ns</sup>
Resíduo		0,000383	0,000074	0,000457	0,26985
CV (%)		21,26	17,57	38,83	10,56
FV	GL	CR	FV/FM	IV	SPAD
Trat	4	2,700850 <sup>ns</sup>	0,000180 <sup>ns</sup>	0,235584 <sup>ns</sup>	106,527614 *
Resíduo		2,066787	0,000173	0,141582	11,353852
CV (%)		19,97	1,7	13,89	13,89

\* Efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade de acordo com o teste F

<sup>ns</sup> Efeito não significativo

Dentre as condutividades elétricas trabalhadas em solução nutritiva (Figura 1 A), o tratamento de 2,4 mS cm<sup>-1</sup> foi o que apresentou maiores resultados para a variável número de folhas, obtendo 5,2 folhas por planta, quando comparado com os demais tratamentos.

De acordo com os resultados quadráticos obtidos para essa variável, a condutividade elétrica máxima estimada é de  $3,01 \text{ mS cm}^{-1}$  para o aumento da produção do número de folhas. Valores acima da condutividade elétrica estimada podem levar ao decréscimo do número de folhas.

A área foliar foi influenciada pela variação das condutividades elétricas das soluções nutritivas aplicadas (Figura 1 B), com valores de  $20,28 \text{ cm}^2$  na condutividade de  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$ , dentro das concentrações trabalhadas.

A maior condutividade elétrica da solução testada proporcionou o declínio da área foliar, podendo estar relacionada com o aumento da condutividade elétrica da solução (McCauley et al., 2009). A condutividade elétrica máxima estimada é de  $6,37 \text{ mS cm}^{-1}$ , para que haja o incremento de área foliar.

O aumento da área foliar durante o desenvolvimento das plantas pode proporcionar maior produção de pigmentos fotossintéticos, podendo influenciar no processo da fotossíntese (Taiz et al., 2017).

Em relação ao diâmetro do caule, observou-se variações em função da condutividade elétrica aplicada (Figura 1 C), com diâmetro de  $1,566 \text{ mm}$  e  $1,568 \text{ mm}$  semelhantes nas condutividades elétricas trabalhadas de  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  e  $3,2 \text{ mS cm}^{-1}$ , respectivamente. A condutividade elétrica máxima estimada é de  $3,5 \text{ mS cm}^{-1}$ .

Em relação às variáveis massa da matéria seca da parte aérea e da raiz, ambas foram influenciadas pela variação das condutividades elétricas da solução nutritiva, com os maiores valores de  $0,116 \text{ g}$  por planta (Figura 1 D) e  $0,056 \text{ g}$  por planta (Figura 1 E), respectivamente, verificadas na condutividade de  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$ . A condutividade elétrica máxima estimada é de  $4,48 \text{ mS cm}^{-1}$  para massa da matéria seca da parte aérea, e  $1,99 \text{ mS cm}^{-1}$  para massa da matéria seca da raiz.

Para a massa da matéria seca total das plantas a condutividade elétrica de  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  dentro das condutividades elétricas trabalhadas, obteve-se o valor de  $0,172 \text{ g}$  por planta. A condutividade elétrica máxima por meio de resultados quadráticos é de  $4,82 \text{ mS cm}^{-1}$ .

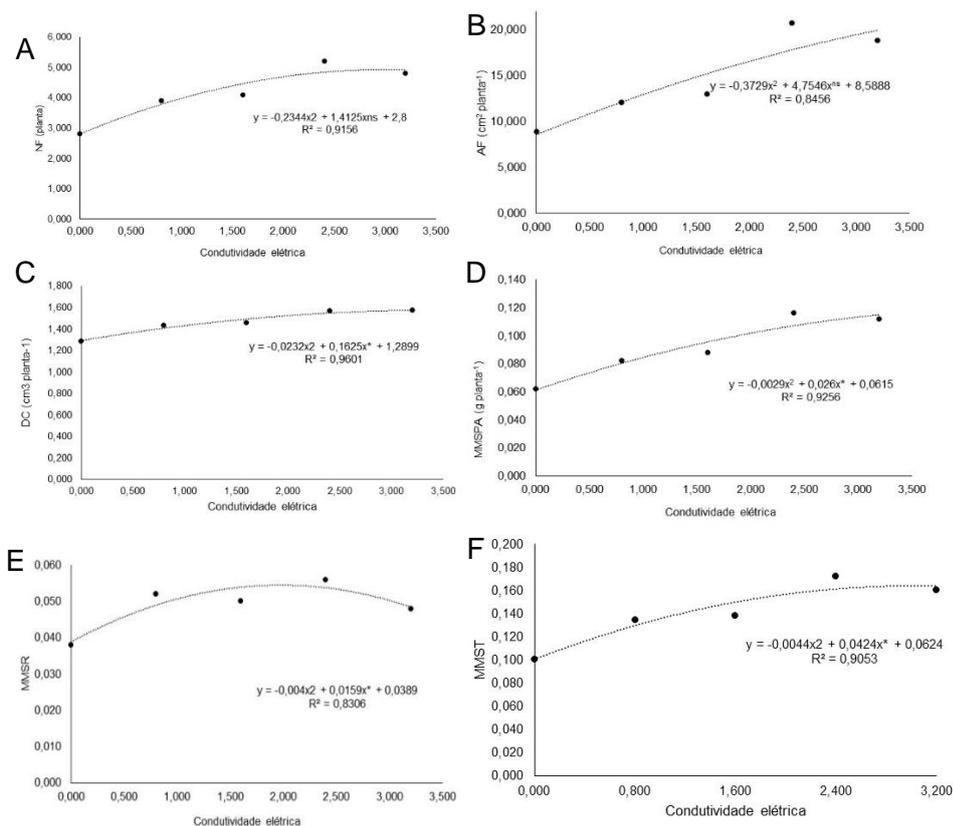


Figura 1: Análise de regressão para as variáveis: número de folhas (NF) (A), diâmetro do caule (DC) (B), área foliar (AF) (C), massa da matéria seca da parte aérea (MMSPA) (D) e massa da matéria seca da raiz (MMSR) (E), massa da matéria seca total (MMST)(F) de mudas cultivadas em substrato fibra de coco após adubações com solução nutritiva com diferentes condutividades elétricas (0 mS cm<sup>-1</sup>, 0,8 mS cm<sup>-1</sup>, 1,6 mS cm<sup>-1</sup>, 2,4 mS cm<sup>-1</sup> e 3,2 mS cm<sup>-1</sup>) em casa de vegetação, Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

Já para a análise fisiológica (Figura 2), observa-se que o maior índice de verde obtido foi 29,412 na condutividade elétrica de 2,4 mS cm<sup>-1</sup> dentro das soluções trabalhadas, e que a condutividade elétrica máxima estimada é 8,01 mS cm<sup>-1</sup>.

As variáveis significativas foram ajustadas para o modelo quadrático de regressão. Nota-se que o aumento da condutividade elétrica levou a absorção até determinada condutividade máxima para as mudas durante adubação, e atingindo queda após o ponto máximo.

A condutividade elétrica de 2,4 mS cm<sup>-1</sup> foi a condutividade máxima em que as mudas conseguiram absorver a adubação de forma eficiente, sendo que cada

parâmetro obteve uma condutividade máxima estimada para obtenção de resultados maiores.

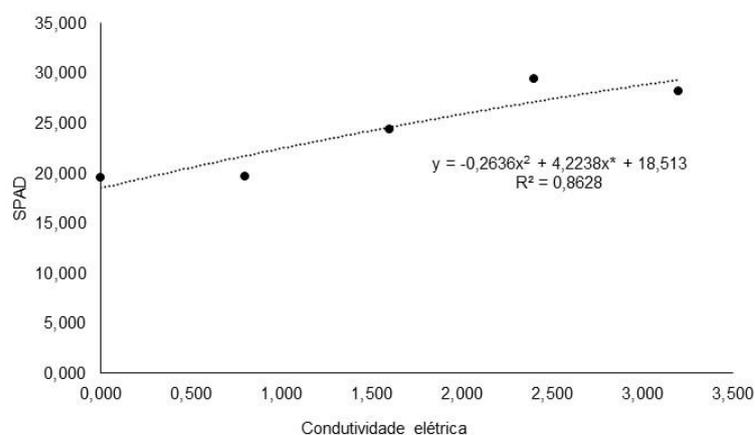


Figura 2: Análise de regressão para a variável: índice de verde (SPAD) de mudas cultivadas em substrato fibra de coco após adubações de solução nutritiva com diferentes condutividades (0 mS cm<sup>-1</sup>; 0,8 mS cm<sup>-1</sup>; 1,6 mS cm<sup>-1</sup>; 2,4 mS cm<sup>-1</sup> e 3,2 mS cm<sup>-1</sup>) em casa de vegetação, Campos dos Goytacazes/RJ, 2022.

A figura 3, apresenta as mudas de jaborandi após a realização das adubações semanais com crescentes condutividades elétricas de solução nutritiva, em substrato fibra de coco. De acordo com o aumento das condutividades elétricas trabalhadas, a dose de 2,4 mS cm<sup>-1</sup> foi a que levou a obtenção de maior número de folhas e área foliar, quando comparada com as demais condutividades.

Os autores Viegas et al. (1998) em sua pesquisa demonstraram que na solução completa com macro e micronutrientes as respostas mais satisfatórias para o crescimento da planta foram a produção de matéria seca, caule, raízes e folhas, comparado a solução nutritiva com omissão de nutriente na formulação da solução. Leite et al. (2017), utilizando a mesma solução nutritiva de Bolle-Jones em seu trabalho, verificaram que não houve diferença para a variável altura, sugerindo que a planta pode ter eficiência na absorção e estocagem dos nutrientes no processo de adaptação, corroborando com Camargos et al. (2002) e Wallau et al. (2008).

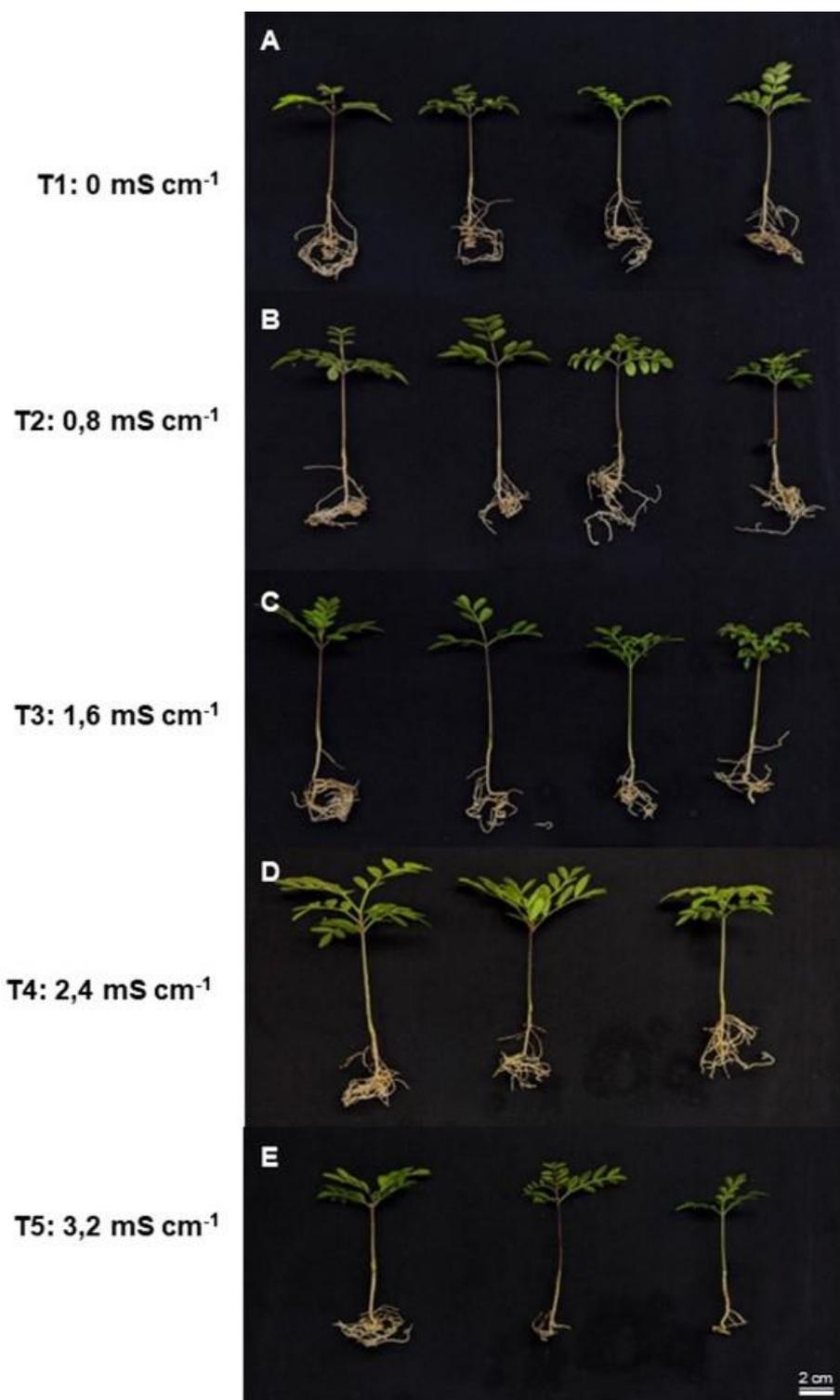


Figura 3: Mudanças de jaborandi aos 101 dias após a semeadura tratadas com solução nutritiva com diferentes condutividades elétricas: água com 0 mS cm<sup>-1</sup> (A), 0,8 mS cm<sup>-1</sup> (B), 1,6 mS cm<sup>-1</sup> (C), 2,4 mS cm<sup>-1</sup> (D) e 3,2 mS cm<sup>-1</sup> (E) em substrato fibra de coco em Campos dos Goytacazes/RJ, 2022. Fonte: Autora.

#### 4.2.5. CONCLUSÕES

Após a adubação das mudas de jaborandi utilizando a solução nutritiva de Bolle-Jones (1957), com diferentes condutividades elétricas foi possível concluir que na condutividade elétrica de  $2,4 \text{ mS cm}^{-1}$  houve maior número de folhas, diâmetro do caule, massa da matéria seca da parte aérea, raiz, total e SPAD.

Para as variáveis volume radicular, altura, comprimento radicular, Fv/Fm e IV, não houve diferença significativa entre as concentrações de soluções testadas em substrato fibra de coco.

As variáveis biométricas apresentaram uma faixa de concentração de condutividade elétrica estimada, que obtida por meio da estatística teve uma faixa de variação entre  $1,99$  e  $6,37 \text{ mS cm}^{-1}$ , em solução nutritiva, obtendo-se um incremento nas mudas de jaborandi. Na variável fisiológica (SPAD), a condutividade elétrica estimada foi de  $8,01 \text{ mS cm}^{-1}$ , apresentando maior valor de SPAD.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, I.N., Choi, Y.H., Sawaya, A.C., Eberlin, M.N., Mazzafera, P., Verpoorte, R. (2011) Metabolic alterations in different developmental stages of *Pilocarpus microphyllus*. *Planta medica*, 77(03):293-300. DOI [doi.org/10.1055/s-0030-1250314](https://doi.org/10.1055/s-0030-1250314).
- Allevato, D.M., Groppo, M., Kiyota, E., Mazzafera, P., Nixon, K.C. (2019) Evolution of phytochemical diversity in *Pilocarpus* (Rutaceae). *Phytochemistry*, 163:132-146. DOI [doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.03.027](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.03.027).
- Avancini, G., Abreu, I.N., Saldaña, M.D., Mohamed, R.S., Mazzafera, P. (2003) Induction of pilocarpine formation in jaborandi leaves by salicylic acid and methyljasmonate. *Phytochemistry*, 63(2):171-175. DOI [doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00102-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00102-X).
- Bolle-Jones, E.W. (1957) Copper: Its effects on the growth and composition of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). *Plant and soil*, 9(2):160-178. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/42931738>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

Brasil, E.C. (1996) Níveis de nitrogênio, fósforo e potássio na produção de mudas de jaborandi. Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e nutrição de plantas, 22. Anais. Manaus: SBCS. 666-667p.

Camargos, S.L., Muraoka, T., Fernandes, S.A.P., Salvador, J.O. (2002) Diagnose nutricional em mudas de castanheira-do-brasil. Revista Agricultura Tropical, 6(1):81-96.

Isah, T. (2019) Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. Biological Research, 52(1):2-25. DOI [doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3](https://doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3).

Leite, F.A.P., Weber, O.L.S., Scaramuzza, J.F. (2017) Estudo comparativo de metodologias de preparo de soluções nutritivas no crescimento de mudas de paricá. Revista *Ambiência*, 13(2):273-392. DOI [doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.08](https://doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.08).

McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J. (2009) Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. Nutrient management module, 9:1-16.

Mishra, M.R.M., Srivastava, R.K., Akhtar, N. (2019) Effect of nitrogen, phosphorus and medium pH to enhance alkaloid production from *Catharanthus roseus* cell suspension culture. International Journal of Secondary Metabolite, 6(2):137-153. DOI [doi.org/10.21448/ijsm.559679](https://doi.org/10.21448/ijsm.559679).

Sandhu, S.S., Abreu, I.N., Colombo, C.A., Mazzafera, P. (2006) Pilocarpine content and molecular diversity in jaborandi. Scientia Agricola, 63:478-482. DOI [doi.org/10.1590/S0103-90162006000500010](https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000500010).

Taiz, L., Zeiger, E., Müller, I.M., Murphy, A. (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888p.

Viegas, I., Carvalho, J.G., Brasil, E.C., Santiago, E.A. (1998) Sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Starf.). EMBRAPA, 84:1-5. (Comunicado Técnico).

Wallau, R.L.R., Borges, A.R., Almeida, R.D., Camargos, S.L. (2008) Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. Cerne, 14(4):304-310.

## 5. CONCLUSÕES

No trabalho 1 do experimento I, o estágio de maturação das sementes que obteve maior emergência foi o maduro, com 80% de emergência acumulada podendo estas serem coletadas para realização de semeadura imediata. Após a conservação de dois meses das sementes foi possível observar uma diminuição no vigor de emergência, e que o armazenamento feito em temperatura de geladeira se mostrou mais apropriado para os estádios de sementes quando coletados os frutos de estágio maduro obtendo 70% de emergência.

O experimento II demonstrou diminuição no teor de água das sementes após o período conservado. Informação observada a partir do teste de tetrazólio para verificar a viabilidade dos embriões pela coloração dos tecidos vivos das sementes.

No trabalho 2, concluiu-se que, de acordo com as variáveis biométricas, a faixa de concentração da condutividade elétrica estimada, por meio da estatística, variou de 1,99 a 6,37 mS cm<sup>-1</sup>, em solução nutritiva, proporcionando incremento para todas as variáveis nas mudas de jaborandi. Em relação à variável fisiológica (SPAD), obteve-se a condutividade elétrica estimada de 8,01 mS cm<sup>-1</sup>, podendo proporcionar um maior valor de SPAD.

Concluiu-se que a solução nutritiva que obteve resultados maiores foi a de condutividade elétrica 2,4 mS cm<sup>-1</sup>.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiquifi. (2020) Associação Brasileira da Indústria de Insumos Farmacêuticos. Os 10 principais insumos farmacêuticos exportados por códigos específicos da TEC. Associação Brasileira da Indústria Farmoquímica e de Insumos Farmacêuticos: Disponível em: <<https://abiquifi.org.br/o-custo-do-atraso-brasil-produz-apenas-5-dos-insumos-de-medicamentos>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Abreu, I.N., Choi, Y.H., Sawaya, A.C., Eberlin, M.N., Mazzafera, P., Verpoorte, R. (2011) Metabolic alterations in different developmental stages of *Pilocarpus microphyllus*. *Planta medica*, 77(03):293-300. DOI [doi.org/10.1055/s-0030-1250314](https://doi.org/10.1055/s-0030-1250314).

Allevato, D.M., Groppo, M., Kiyota, E., Mazzafera, P., Nixon, K.C. (2019) Evolution of phytochemical diversity in *Pilocarpus* (Rutaceae). *Phytochemistry*, 163:132-146. DOI [doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.03.027](https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.03.027).

Andriolo, J.L., Janisch, D.I., Schmitt, O.J., Vaz, M.A.B., Cardoso, F.L., Erpen, L. (2009) Concentração da solução nutritiva no crescimento da planta, na produtividade e na qualidade de frutas do morangueiro. *Ciência Rural*, 39(3):684-690. DOI [doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008](https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000008).

Avancini, G., Abreu, I.N., Saldaña, M.D., Mohamed, R.S., Mazzafera, P. (2003) Induction of pilocarpine formation in jaborandi leaves by salicylic acid and methyljasmonate. *Phytochemistry*, 63(2):171-175. DOI [doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00102-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00102-X).

Bewley, J.D., Black, M. (2013) *Seeds: physiology of development and germination*. Springer Science e Business Media, 2(1):1-33. DOI [doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8).

Bolle-Jones, E.W. (1957) Copper: Its effects on the growth and composition of the rubber plant (*Hevea brasiliensis*). *Plant and soil*, 9(2):160-178. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/42931738>>. Acesso em: 10 jul. 2022.

Borghetti, F., Ferreira, A.G. (2004) Interpretação de resultados de germinação. In: Ferreira, A.G., Borghetti, F. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artemed, 209-222.

Brasil, E.C. (1996) Níveis de nitrogênio, fósforo e potássio na produção de mudas de jaborandi. *Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e nutrição de plantas*, 22. Anais. Manaus: SBCS. 666-667p.

Brasil. (2009) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, 395p.

Caldeira, C.F., Giannini, T.C., Ramos, S.J, Vasconcelos, S., Mitre, S.K., Pires, J.P.A., Ferreira, G.C., Ohashi, S., Mota, J.A., Castilho, A., Siqueira, J.O., Neto, A.E.F. (2017) Sustentabilidade do Jaborandi no leste da Amazônia brasileira. *Perspectives in Ecology Conservation*, 15:161-171. DOI doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.002.

Calil, A.C., Leonhardt, C., Souza, L.D.S., Silva, V.S. (2008) Viabilidade de sementes armazenadas de frutos imaturos de jaborandi (*Pilocarpus pennatifolius* Lem. – RUTACEAE). *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, 14(1):63-66.

Camargos, S.L., Muraoka, T., Fernandes, S.A.P., Salvador, J.O. (2002) Diagnose nutricional em mudas de castanheira-do-brasil. *Revista Agricultura Tropical*, 6(1):81-96.

Carvalho Maia, H.M., Martins, V.C.R., Brasil, T.B., Martins, R.J., Araújo, K.S., Souza, F.G., Silva, J.A. (2022) Cultivo de rúcula (*Eruca sativa* L.) em ambiente protegido sob diferentes concentrações de solução nutritiva. *Revista Agrária Acadêmica*, 5(1):29-37.

Carvalho, L.R. (2000) Classificação Fisiológica de Sementes de Espécies Florestais quanto à Capacidade de Armazenamento. (Dissertação de mestrado), Universidade Federal de Lavras, 97p.

Chin, H.F. (1988) Recalcitrant seeds - a status report. Rome, IBPGR, 28p.

CNC Flora. (2014) Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <http://cncflora.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 12 dez. 2022.

Coelho, R.I., Lopes, J.C., Groth, D., Souza, A.N. (2001) Caracterização morfológica da planta, frutos, sementes e plântulas de tangerina (*Citrus reticulata* L.) de ocorrência natural no sul do Estado Espírito Santo. *Revista Brasileira de Sementes*, 23:294-301.

Cometti, N.N., Furlani, P.R., Genuncio, G.C. (2018) Soluções nutritivas: Composição, formulações, usos e atributos. In: Fernandes, M.S., Souza, S.R., Santos, L.A. *Nutrição Mineral de Plantas*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 9-46.

Corlett, F.M.F., Barros, A.C.S.A., Villela, F.A. (2007) Qualidade fisiológica de sementes de urucum armazenadas em diferentes ambientes e embalagens. *Revista Brasileira de Sementes*, 29(2):148-158. DOI doi.org/10.1590/S0101-31222007000200021.

Costa, F. (2005) Extrativismo de jaborandi na região de Carajás: histórico, situação atual e perspectivas. (Especialização em Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 41p.

Eira, M.T.S., Vieira, R.F., Mello, C.M.C., Freitas, R.W.A. (1992) Conservação de sementes de Jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf.). Revista Brasileira de Sementes, 14(1):37-39.

Ellis, R.H., Hong, T.D., Roberts, E.H. (1985) Handbook of seed technology for genebanks. II Compendium of specific germination information and test recommendations. International Board for Plant Genetic Resources, 456p.

Faccion, C. (2011) Qualidade de sementes de feijão durante o beneficiamento e armazenamento (Dissertação de mestrado em Agronomia). Lavras – MG, Universidade Federal de Lavras, UFLA. 49p.

Ferreira, D.F. (2011) Sisvar: um sistema de análise estatística de computador. Ciência e Agrotecnologia. 35:1039-1042.

Ferreira, R.A., Davide, A.C., Motta, M.S. (2004) Vigor e viabilidade de sementes de *Senna multijuga* (Rich.) Irwin et Barn. E *Senna macranthera* (Collad.) Irwin et Barn., num banco de sementes em solo de viveiro. Revista Brasileira de Sementes, 26(1):24-31. DOI doi.org/10.1590/S0101-31222004000100004.

França-Neto, J.B., Krzyzanowski, F.C. (2019) Tetrazolium: an importante test for physiological seed quality evaluation. Journal of Seed Science, 41(3):359-366. DOI doi.org/10.1590/2317-1545v41n3223104.

França-Neto, J.D.B., Krzyzanowski, F.C., Henning, A.A., Pádua, G.P. (2010) Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. Edição do III Workshop Brasileiro sobre Controle de Qualidade de Sementes, Uberlândia. Informativo ABRATES, 20(3):26-32.

Homma, A.K.O., Menezes, A.J.A. (2014) O extrativismo de folhas de Jaborandi no município de Parauapebas, Estado do Pará. In Extrativismo vegetal na Amazônia, 1(30).

Huett, D.O. (1994) Growth, nutrient uptake and tipburn severity of hydroponic lettuce in response to electrical conductivity and K: Ca ratio in solution. Australian Journal of Agricultural Research, 45(1):251-267. DOI doi.org/10.1071/AR9940251.

IBGE. (2019) Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura – PEVS. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/289#resultado>>. Acesso em: 05 out. 2022.

Isah, T. (2019) Stress and defense responses in plant secondary metabolites production. *Biological Research*, 52(1):2-25. DOI [doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3](https://doi.org/10.1186/s40659-019-0246-3).

José, A.C., Silva, E.A.D., Davide, A.C. (2007) Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, (29):171-178. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v29n2/v29n2a23.pdf>>. Acesso em: 05 out. 2022.

Kämpf, A.N., Fermino, M.H. (2000) Seleção de materiais para uso como substrato. *Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes*. Porto Alegre, 139-145.

Lameira, O.A., Cordeiro, I.M.C.C., Pires, H.C.G. (2020) Avaliação dos descritores morfoagronômico e morfoanatomia da lâmina foliar de *Pilocarpus: Microphyllus* Stapf ex Wardleworth – Rutaceae, *Ananas Comosus* Var. *Erectifolius* (L. B. Smith) Coppens e F. Leal–Bromeliacea e *Psychotria Ipecacuanha* (Brot.) Stokes. Editora Appris, 177p.

Lameira, O.A., Pinto, J.E B P. (2008) Plantas medicinais: do cultivo, manipulação e uso à recomendação popular. Embrapa Amazônia Oriental, 19-26.

Leite, F.A.P., Weber, O.L.S., Scaramuzza, J.F. (2017) Estudo comparativo de metodologias de preparo de soluções nutritivas no crescimento de mudas de paricá. *Revista Ambiência*, 13(2):273-392. DOI [doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.08](https://doi.org/10.5935/ambiencia.2017.02.08).

Lima, D.F. (2008) Alcaloides de interesse industrial: aspectos químicos e biológicos. (Especialização em Plantas Medicinais) – Pós-Graduação em Plantas Medicinais, Universidade Federal de Lavras, UFLA, 56p.

Lima, D.F., Lima, L.I., Rocha, J.A., Andrade, I.M., Grazina, L.G., Villa, C., Leite, J.R.S.A. (2017) Seasonal change in main alkaloids of jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Wardleworth), an economically important species from the Brazilian flora. *Plos one*, 12(2):e0170281. DOI [doi.org/10.1371/journal.pone.0170281](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170281).

Lima, D.F., Silva, R., Marques, L.G.A., Veras, L., Simões, E., Almeida, J.R.D.S., Pessoa, C. (2015) Prospecção tecnológica do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*): espécie economicamente importante no norte e nordeste do Brasil. *Revista Geintec-Gestao Inovacao e Tecnologias*, 5(1):1626-1638. DOI [doi.org/10.7198/S2237-0722201500010003](https://doi.org/10.7198/S2237-0722201500010003).

Lima, J.D., Silva, B.M.S., Moraes, W.S., Dantas, V.A.V., Almeida, C.C. (2008) Efeitos da luminosidade no crescimento de mudas de *Caesalpinia ferrea* Mart. Ex Tul.

(Leguminosae, Caesalpinoideae). Acta Amazonica, 38(1):5-10. DOI doi.org/10.1590/S0044-59672008000100002.

Magalhães, P.M., Figueira, G.M., Montanari, JR. I., Lúcio, E.M.R.A. (1992) Aspectos agronômicos e fitoquímicos do cultivo de *Pilocarpus microphyllus* Stapf. In: Simpósio de Plantas medicinais do Brasil, Curitiba, UFPR. Anais, 181.

Maguire, J.D. (1962) Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science, 2:176-177.

Marcos-Filho, J. (1986) Germinação de sementes. In: Cicero, S.M., Marcos Filho, J., Silva, W.R. (Ed.). Atualização em produção de sementes. Campinas: Fundação Cargill, 11-39.

Marcos-Filho, J. (2005) Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 495p.

McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J. (2009) Plant nutrient functions and deficiency and toxicity symptoms. Nutrient management module, 9:1-16.

Mendes, N.V.B., Castro, L.D., Corrêa, M.C.M., Natale, W. (2018) Emergência e desenvolvimento inicial do açaizeiro em diferentes substratos e ambientes. Acta Iguazu, 7(2):84-96. DOI doi.org/10.48075/actaiguaz.v7i2.16287.

Mishra, M.R.M., Srivastava, R.K., Akhtar, N. (2019) Effect of nitrogen, phosphorus and medium pH to enhance alkaloid production from *Catharanthus roseus* cell suspension culture. International Journal of Secondary Metabolite, 6(2):137-153. DOI doi.org/10.21448/ijsm.559679.

Mishra, M.R.M., Srivastava, R.K., Akhtar, N. (2019) Efeito do nitrogênio, fósforo e pH médio para aumentar a produção de alcaloides a partir da cultura em suspensão de células de *Catharanthus roseus*. International Journal of Secondary Metabolite, 6(53):137. DOI doi.org/10.21448/ijsm.559679.

Monfort, L.H.F. (2015) Estudo da morfologia e germinação de sementes de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holmes). (Dissertação de Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Lavras. UFLA, 29p.

Nakagawa, J. (1994) Testes de Vigor Baseados na avaliação de Plântulas. In: Vieira, R.D., Carvalho, N.M. Testes de Vigor em Sementes. Jaboticabal: FUNEP, 49-86.

Neto, E.B., Barreto, L. (2012) As técnicas de hidroponia. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, 9(1):107-137.

Nordstrom, B.L., Friedman, D.S., Mozaffari, E., Quigley, H.A., Walker, A.M. (2005) Persistence and adherence with topical glaucoma therapy. *American journal of ophthalmology*, 140(4):598-e1. DOI [doi.org/10.1016/j.ajo.2005.04.051](https://doi.org/10.1016/j.ajo.2005.04.051).

Pinheiro, C.U.B. (2002) Extrativismo, cultivo e privatização do jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* ex Holm., Rutaceae) no Maranhão, Brasil. *Acta Botânica Brasileira*, 16(2):141-150. DOI [doi.org/10.1590/S0102-33062002000200002](https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000200002).

Pirani, J.R. (2002) Rutaceae: Coordenação, descrição da família e chave de gêneros. *Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo*. São Paulo, 2:23. Disponível em: <http://botanica.sp.gov.br/files/2016/02/Rutaceae.pdf>. Acesso em: 20 out. 2022.

Reflora. (2016) Rutaceae em construção. Brasil: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB866>. Acesso em: 15 nov. 2022.

Roberts, E.H., King, M.W., Ellis, R.H. (1984) Recalcitrante seeds: their recognition and storage. In: Holden, J H.W., Williams, J.T. *Crop genetic resources: conservation and evaluation*, 38-52.

Rodrigues, F.C.M.P., Figliolia, M.B., Peixoto, M.C. (2004) Testes de qualidade. In: Ferreira A. G, Borghetti F. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: ARTMED, 283-297.

Sabá, R.T., Lameira, O.A., Luz, J.M.Q., Gomes, A.P.D.R., Innecco, R. (2002) Micropropagação do jaborandi. *Horticultura Brasileira*, 20(1):106-109. DOI [doi.org/10.1590/S0102-05362002000100021](https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000100021).

Saleh, E.O.L., Luis, Z.G., Scherwinski, J.E.P. (2017) Determination of physiological and environmental conditions for the storage of babassu palm seeds (*Attalea speciosa*). *Seed Science and Technology*, 45(1):139-150. DOI [doi.org/10.15258/sst.2017.45.1.24](https://doi.org/10.15258/sst.2017.45.1.24).

Sandhu, S.S., Abreu, I.N., Colombo, C.A., Mazzafera, P. (2006) Pilocarpine content and molecular diversity in jaborandi. *Scientia Agricola*, 63(5):478-482. DOI [doi.org/10.1590/S0103-90162006000500010](https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000500010).

Santos, A.P., Moreno, P.R.H. (2013) Alkaloids derived from histidine: Imidazole (*pilocarpine*, *pilosine*). *Handbook of natural products*. Springer, cap. 6. Disponível em: <http://www.springerreference.com/docs/html/chapterdbid/363118.html>. Acesso em: 15 dez. 2022.

Santos, M.R. (2019) Adequação do teste de tetrazólio e fenotipagem computacional da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* A.C. Smith (Fabaceae).

(Dissertação de mestrado em Pós-Graduação de Produção Vegetal). Universidade de Minas Gerais – UFMG, 65p.

Sawaya, A.H.F., Abreu, I.N., Andreazza, N.L., Mazzafera, P. (2010) Pilocarpina e alcaloides relacionados em *Pilocarpus Vahl* (Rutaceae) em Alcalóides: Propriedades, aplicações e efeitos farmacológicos, Nova Science Publishers, 63-80.

Scalon, S.D.P.Q., Mussury, R.M., Scalon Filho, H., Francelino, C.S.F., Florencio, D.K.A. (2006) Armazenamento e tratamento pré-germinativos em sementes de jacarandá (*Jacaranda cuspidifolia* Mart.). Revista *Árvore*, 30(2):179-185. DOI doi.org/10.1590/S0100-67622006000200004.

Silva, D.O., Frassetto, E.G. (2011) Enraizamento de estacas de *Pilocarpus microphyllus* Stapf (Jaborandi). Disponível em: <<https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/ENRAIZAMENTO%20DE%20ESTACAS%20DE%20Pilocarpus%20microphyllus%20Stapf.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

Silva, L.L.D. (2006) Morfologia e anatomia da semente de *Esenbeckia grandiflora* Mart. (Rutaceae). Revista Brasileira de Sementes, 28(2):1-6. DOI doi.org/10.1590/S0101-31222006000200001.

Silva, P., Macêdo, C.D.S., Ferreira, N., Lameira, O., Cunha, P., Cunha, R. (2015) Propagação vegetativa de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus*) pelo método da enxertia. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1036466/propagacao-vegetativa-de-jaborandi-pilocarpus-microphyllus-pelo-metodo-da-enxertia>>. Acesso em: 10 jan. 2023.

Sonneveld, C., Voog, T.W. (2009) Plant nutrition in future of greenhouse production. Springer, 393-403. DOI doi.org/10.1007/978-90-481-2532-6\_17.

Souza, I.N.G.S., Lameira, O.A. (2019) Avaliação do desenvolvimento de mudas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Stapf ex Holmes) em diferentes tipos de substratos. 23º Seminário PIBIC 2019: Embrapa Amazônia Oriental, Pará. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1113352>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

Taiz, L., Zeiger, E., Müller, I.M., Murphy, A. (2017) Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 888p.

Torres, S.B. (2005) Qualidade de sementes de melancia armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. Revista Ciência Agrônômica, 36(2):163-168.

Tsai, J.C., McClure, C.A., Ramos, S.E., Schlundt, D.G., Pichert, J.W. (2003) Compliance barriers in glaucoma: a systematic classification. *Journal of glaucoma*, 12(5):393-398.

Viegas, I., Carvalho, J.G., Brasil, E.C., Santiago, E.A. (1998) Sintomas de deficiências de macronutrientes em plantas de jaborandi (*Pilocarpus microphyllus* Starf.). EMBRAPA, 84:1-5. (Comunicado Técnico).

Wallau, R., Luiz, R., Borges, A.R., Rezende, A.R., Rezende, D.A., Camargos, S.L. (2008) Sintomas de deficiências nutricionais em mudas de mogno cultivadas em solução nutritiva. *Cerne*, 14(4):304-310.

Zobayed, S.M.A., Afreen, F., Kozai, T. (2005) Necessity and production of medicinal plants under controlled environments. *Environmental Control Biology*, 43(4):243-252.