

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Andressa Boni

**AVALIAÇÃO DO VIGOR FISIOLÓGICO DE PROGÊNIES DE  
*Pinus taeda* L. PROVENIENTES DE POMAR CLONAL DE SEMENTES  
DA REGIÃO MEIO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL.**

Frederico Westphalen, RS

2023

Andressa Boni

**AVALIAÇÃO DO VIGOR FISIOLÓGICO DE PROGÊNIES DE *Pinus taeda* L.  
PROVENIENTES DE POMAR CLONAL DE SEMENTES DA REGIÃO MEIO  
OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheira Florestal.**

Orientador Prof. Dr. Edison Rogério Perrando

Frederico Westphalen, RS

2023

**Andressa Boni**

**AVALIAÇÃO DO VIGOR FISIOLÓGICO DE PROGÊNIES DE *Pinus taeda* L.  
PROVENIENTES DE POMAR CLONAL DE SEMENTES DA REGIÃO MEIO  
OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen (UFSM/FW, RS) como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheira Florestal**.

Aprovado em 27 de janeiro de 2023.

---

**Edison Rogério Perrando, Doutor (UFSM Campus FW)  
(Presidente/ Orientador)**

---

**Magda Lea Bolzan Zanon, Doutora (UFSM Campus FW)**

---

**Tiago Zanatta, Eng<sup>o</sup> Florestal (BRF Unidade Concórdia/SC)**

Frederico Westphalen, RS

2023

Gostaria de dedicar este trabalho aos meus pais Geraldo Boni e Maria Angelica Belan Boni que sempre me apoiaram para que eu pudesse realizar meus sonhos. Este trabalho é fruto do apoio e confiança que vocês dedicaram a mim todos esses anos.

*Dedico.*

Dedico este trabalho também ao meu professor orientador Edison Perrando que nunca mediu esforços para me ensinar e auxiliar em todas as etapas do estudo, sem o senhor nada disso seria possível, este trabalho é nosso.

*Dedico.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, a Qual sou devota, por sempre estar me abençoando e cuidando de mim.

Quero agradecer também aos meus pais Geraldo Boni e Maria Angelica Belan Boni por estarem comigo em todas essas fases da minha vida, e principalmente esta, que é o sinal do fim de um ciclo muito importante. Vocês são demais! Nunca mediram esforços para que eu fosse atras de estudo e dos meus sonhos. Obrigada por fazerem tudo isso possível. Sei o quanto isso significa para vocês.

Ao meu querido irmão Gerson Boni, que me deu coragem e me incentivou para seguir meus sonhos. Nunca me deixou negar uma oportunidade por medo. É engraçado o quanto somos parecidos meu mano! Grata por estar do meu lado em todos os momentos que precisei. Abraços a você e sua família, e pra minha afilhada linda que me alegra sempre. Cuidarei sempre de ti Laísa.

O Prof. Dr. Edison Perrando, que aceitou ser meu orientador ainda no ano de 2021. O senhor não sabe o quanto foi importante todas as conversas que tivemos. Grata por me auxiliar em momentos difíceis, momentos de dúvidas. O senhor foi muito importante para que eu pudesse enxergar o quanto gosto do curso de Engenharia Florestal, essa profissão que escolhi para minha vida. Além disso, de me mostrar que sou capaz de realizar um trabalho tão importante como este. Um professor que virou um amigo. Obrigada por tudo mesmo, todos os momentos e aprendizados. Vai dar saudade de avaliar experimento o dia todo e de lanche termos ‘grostoli’ e muita risada. Não irei esquecer desse tempo todo trabalhando em conjunto com você, pois foi mais de um ano de aprendizado com enorme valor na minha vida.

Quero agradecer aos meus amigos do coração, que os levarei pra vida, por toda a ajuda durante esta etapa. Agradeço também, e enormemente, ao meu namorado Eduardo Benson que sempre esteve ao meu lado, me ajudou e me deu forças para seguir.

“Se por acaso morrer do coração, é sinal que amei demais. Mas enquanto estou viva, cheia de graça, talvez ainda faça um monte de gente feliz.”

*(Rita Lee).*

## RESUMO

### **AVALIAÇÃO DO VIGOR FISIOLÓGICO DE PROGÊNIAS DE *Pinus taeda* L. PROVENIENTES DE POMAR CLONAL DE SEMENTES DA REGIÃO MEIO OESTE DE SANTA CATARINA, BRASIL.**

AUTORA: Andressa Boni  
ORIENTADOR: Edison Perrando

*Pinus taeda* L. é uma das espécies mais cultivadas em povoamentos comerciais nos estados do Sul do Brasil. A espécie possui uma grande importância econômica devido as áreas plantadas, se tornando a conífera mais utilizada para a produção de celulose, papel e madeira serrada no país. O presente estudo teve por principal objetivo avaliar o vigor germinativo e fisiológico de sementes e o potencial de clonagem por miniestquia de progênies de *Pinus taeda* L., com sementes procedentes de um Pomar Clonal de Sementes (PCS), da empresa Adami S/A, localizada no oeste do estado de Santa Catarina, Brasil. O estudo completo foi conduzido nas dependências no viveiro florestal da Universidade Federal de Santa Maria Campus Frederico Westphalen (RS), em etapas distintas (BOD, estufa climatizada, casa de vegetação e minijardim clonal), com 19 progênies e um lote de sementes comerciais (testemunha). Na primeira etapa o destaque para vigor germinativo foi para as progênies 4, 7 e 12, que apresentaram germinação total de 100%, enquanto para IVG, TMG e VMG os melhores desempenhos foram registrados para as progênies 3, 1 e 8, respectivamente. Na etapa 2 (estufa climatizada e casa de vegetação), o vigor fisiológico das sementes foi mais satisfatório para as progênies 6, lote testemunha 20, 14 para germinação total, IVE, TME e VME. O mais elevado IQD esteve representado pela progênie 5, enquanto o pior desempenho na estimativa deste parâmetro foi registrado na progênie 2. Quando avaliadas conjuntamente, todas as variáveis estimadas receberam pesos e, por sua vez, notas ponderadas. O resultado desse ranqueamento geral visou a seleção de progênies ( $i=0,50$ ) para um programa de melhoramento genético de sementes e, na sequência da 1ª à 10ª posição do ranking, foram elencadas as de número 8; 15; 7; 3; 5; 13; 16; 14; 12 e 10. Na terceira e última etapa do estudo, sobrevivência das miniestacas foi de 100% em todo o material genético testado (progênies e lote testemunha), com somente 15 dias de avaliação na época, sendo inapropriada qualquer inferência nesta etapa, sobretudo para a capacidade de enraizamento de cada uma progênies avaliadas, haja vista que os resultados são ainda inconclusos nesse sentido.

**Palavras-chave:** *Pinus taeda* L. Vigor de plantas. Progênies. Miniestquia.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF THE PHYSIOLOGICAL VIGOR OF PROGENIES OF *Pinus taeda* L. FROM CLONAL SEED ORCHARDS IN THE MIDWEST REGION OF SANTA CATARINA, BRAZIL.

AUTHOR: Andressa Boni

ADVISOR: Edison Rogério Perrando

*Pinus taeda* L. is one of the most cultivated species in commercial stands in the southern states of Brazil. The species has a great economic importance due to the planted areas, becoming the most used conifer to produce cellulose, paper and sawn wood in the country. The main objective of this study was to evaluate the germinative and physiological vigor of seeds and the potential for cloning by minicutting of progenies of *Pinus taeda* L., with seeds from a Clonal Seed Orchard (PCS), owned by Adami S/A, located in the west of the state of Santa Catarina, Brazil. The complete study was carried out on the premises of the forest nursery of the Federal University of Santa Maria Campus Frederico Westphalen (RS), in different stages (BOD, climate-controlled greenhouse, greenhouse and clonal mini-garden), with 19 progenies and a commercial seed lot (control). In the first stage, the highlight for germination vigor was for progenies 4, 7 and 12, which presented total twinning of 100%, while for IVG, TMG and VMG the best performances were registered for progenies 3, 1 and 8, respectively. In stage 2 (heated greenhouse and greenhouse), the physiological vigor of the seeds was more satisfactory for progenies 6, control lot 20, 14 and again at 14, respectively for total germination, IVE, TME and VME. The highest DQI was represented by progeny 5, while the worst performance in estimating this parameter was registered in progeny 2. When evaluated together, all estimated variables received weights and, in turn, weighted scores. The result of this general ranking aimed at selecting progenies ( $i=0.50$ ) for a seed genetic improvement program and, following the 1st to 10th position in the ranking, the number 8 were listed; 15; 7; 3; 5; 13; 16; 14; 12 and 10. In the third and last stage of the study, survival of the minicuttings was 100% in all the genetic material tested (progenies and control batch), with only 15 days of evaluation at the time, making any inference inappropriate at this stage, especially for the rooting capacity of each of the evaluated progenies, given that the results are still inconclusive in this sense.

**Keywords:** *Pinus taeda* L. Plants fisiology. Vitality seedlings. Progenies. Minicutting.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Referência para qualificação de plântulas de *Pinus taeda* L. avaliadas na etapa 1 do estudo. .... 24
- Figura 2 - Resultados gráficos (*Box-plot*) da dispersão de dados para as variáveis germinação (%) - letra (A), índice de velocidade de germinação (IVG) – letra (B), tempo médio (TMG) – letra (C) e velocidade média (VMG) letra (D) de germinação de sementes de progênies de *Pinus taeda* L em câmara BOD, aos 21 dias. .... 34
- Figura 3 - Resultados gráficos (*Box-Plot*) da dispersão de dados percentuais de plântulas normais durante a germinação de progênies de *Pinus taeda* L. em câmara germinativa BOD, aos 21 dias. .... 36
- Figura 4 - Resultados gráficos (*Box-Plot*) da dispersão de dados para as variáveis germinação total (GT) - letra (A), índice de velocidade de emergência (IVE) – letra (B), tempo médio (TME) – letra (C) e velocidade média (VME) letra (D) de emergência de sementes de progênies de *Pinus taeda* L. em casa de vegetação, aos 35 dias. .... 39
- Figura 5 - Valores médios\* para biomassa seca total (A), parte aérea (B) e radicular (C) de mudas de *Pinus taeda* L., durante teste de progênies em casa de vegetação, aos 200 dias após semeadura. .... 42
- Figura 6 - Valores médios calculados para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Pinus taeda* L., em casa de vegetação, aos 200 dias. .... 44
- Figura 7 - Variáveis auxiliares (médias gerais e respectivos coeficientes de variação) na elaboração de uma tabela dinâmica para ranqueamento e pontuação máxima para cada progênie de *Pinus taeda* L, bem como para o lote de sementes comerciais (código “20”), através de resultados obtidos nas etapas 1 e 2 do presente estudo... 47
- Figura 8 - Sobrevivência média de miniestacas de 10 progênies de *Pinus taeda* L., provenientes de pomar clonal de sementes (PCS), aos 14 dias. .... 49
- Figura 9 - Percentuais médios de miniestacas com ápices caulinares com coloração amarelada nas 10 progênies de *Pinus taeda* L, aos 15 dias após instalação do teste em estufa climatizada. .... 51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios* de germinação total, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio (TMG) e velocidade média (VMG) de germinação de sementes de progênies de <i>Pinus taeda</i> L., em câmara de germinação do tipo BOD, aos 21 dias. ....	32
Tabela 2 - Valores médios* de germinação total (GT), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio (TMG) e velocidade média (VMG) de germinação de sementes de progênies de <i>Pinus taeda</i> L., em casa de vegetação, aos 35 dias. ....	38
Tabela 3 - Variáveis auxiliares utilizadas no ponderamento de notas para progênie de <i>Pinus taeda</i> L., em que CV (coeficiente de variação, em %), BOD (câmara de germinação), EST (casa de vegetação). ....	46
Tabela 4 - Resultado do ranqueamento ponderado que identifica o potencial de ganho genético através da seleção de progênies de <i>Pinus taeda</i> L. procedentes de pomar clonal de sementes (PCS) de 1ª geração da empresa Adami S/A, Caçador (SC), Brasil, 2023. ....	48

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS .....	16
2.1	GERAL .....	16
2.2	ESPECÍFICOS .....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
4	METODOLOGIA.....	22
4.1	LOCAL DE ESTUDO .....	22
4.2	CAPACIDADE GERMINATIVA EM CÂMARA BOD – Etapa 1 .....	23
4.3	VIGOR FISIOLÓGICO EM CASA DE VEGETAÇÃO – Etapa 2.....	24
4.4	PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA – Etapa 3.....	26
4.5	VARIÁVEIS ANALISADAS NO ESTUDO .....	27
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1	CÂMARA GERMINATIVA DO TIPO BOD .....	31
5.2	CASA DE VEGETAÇÃO .....	36
5.3	MINIESTAQUIA.....	49
6	CONCLUSÕES .....	52
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

Algumas espécies do gênero *Pinus* têm assumido, historicamente, uma evidente importância econômica no segmento de produção florestal no Brasil, com significativa extensão de área plantada. Esse gênero é representado principalmente pelas espécies *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, que conjuntamente com espécies de *Eucalyptus* compreendem os dois gêneros mais difundidos em plantações florestais homogêneas no país.

Apontamentos do relatório anual de 2022 da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ) estimam que até 2021 a área plantada com espécies do gênero *Pinus* atingiu 1,93 milhão de hectares, cujos plantios têm sido direcionados aos setores de celulose, resinagem e madeira para serraria, estando atrás apenas da extensão de área plantada com espécies do gênero *Eucalyptus* (7,53 milhões de hectares).

As espécies de *Pinus* cultivadas no Brasil são exóticas e foram introduzidas por volta de um século atrás por imigrantes europeus. Algumas delas evidenciaram uma boa adaptação edafoclimática no Brasil, merecendo destaque a espécie *P. taeda*, sobretudo quando cultivada na região Sul do país, com os primeiros plantios comerciais implantados principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Posteriormente os plantios foram se expandindo e abrangendo outros estados, na década de 1960 os plantios de *P. taeda* e *P. elliottii* se intensificaram e alcançaram maior atratividade comercial na região Sul (SHIMIZU et al., 2008), com expansão também na região Sudeste do país com *P. caribea*.

Através da expansão de áreas de cultivo com *Pinus taeda* desde o século passado, a espécie se tornou a principal conífera utilizada para produção de papel, madeira serrada e celulose no Brasil, com maior produção concentrada, ainda, nos estados da região Sul. Nessa região fisiográfica a espécie já sinalizava significativos ganhos produtivos e importância econômica, pois conseguiu se adaptar às condições climáticas sulinas, com temperaturas baixas e ocorrência de geadas, com incrementos significativos de crescimento em altura e diâmetro ao longo do manejo rotacional. Neste cenário foi possível obter madeira de boa qualidade, com características de densidade alta e fibras longas um diferencial para a produção de papel (AGUIAR, 2011), tornando a espécie *P. taeda* a mais expressiva quanto às áreas de plantio comercial na região Sul do país.

Indivíduos da espécie *P. taeda* podem alcançar até 50 metros de altura em seu ambiente natural de ocorrência, enquanto em plantios adensados e/ou manejados com desbaste (comerciais) sua altura varia entre 20 a 40 metros, com diâmetro à altura do peito (DAP)

comercial que pode variar entre 30 a 60 centímetros conforme a classificação de produtividade do sítio florestal.

Sua morfologia externa apresenta casca gretada de cor marrom avermelhada, acículas de cor verde escura e ramos acinzentados (FERREIRA, 2013). De acordo com Oliveira et al. (2018), a espécie em seu local de origem era adaptada a solos arenosos, ácidos e de baixa fertilidade, e essa peculiaridade acabou por favorecer a sua adaptação e resiliência nos solos dos estados do Sul do país.

Ao longo do tempo de ampliação do setor florestal brasileiro se constatou que quanto mais uma espécie se mostra promissora em relação ao seu padrão de produtividade comercial, ou seja, melhores respostas quanto a adaptação de crescimento, maior foi a atenção despertada frente a potencial maximização dos ganhos em produtividade e, em decorrência disso, da viabilidade concreta de retorno financeiro dos investimentos florestais. Contudo, é necessária criação de um cenário investigativo que desenvolva a pesquisa científica como ferramenta contínua e dinâmica voltada ao estudo de técnicas silviculturais, manejo silvicultural e, sobretudo, aos ganhos genéticos através do melhoramento genético de espécies do gênero *Pinus*.

O melhoramento genético de cada espécie visa melhorar as características da espécie com vistas à melhoria na qualidade da madeira e da produtividade, resistência a estresses climáticos, condições fisiológicas e morfológicas durante a produção de mudas, ou seja, aperfeiçoar as características importantes economicamente, priorizando o alcance destas metas e processos no menor período possível (FERREIRA, 2013). Tudo isso está ligado com aspectos sociais, econômicos, sustentabilidade ambiental e o mercado do setor florestal de florestas plantadas.

No melhoramento genético de *P. taeda* as características mais importantes têm tido prevalência sobre a maximização da produtividade e qualidade tecnológica da madeira. Entretanto, uma ênfase maior tem sido dada aos estudos voltados ao melhoramento genético de sementes destas espécies, com diagnósticos e respostas relevantemente promissoras nas últimas três décadas de pesquisa, possibilitando, inclusive, o estabelecimento de plantios clonais em campo.

No campo do melhoramento genético de sementes, a possibilidade de obtenção de material proveniente de pomares clonais (PCS's) de diferentes locais permite uma análise e interpretação das respostas acerca da interação genótipo/ambiente e, por sua vez, conhecer a adaptabilidade da espécie (Demeritt e Garret, 1996 *apud* Martinez et. al, 2012). Além de

conhecer a adaptabilidade pode-se entender a qualidade de cada ambiente e o desenvolvimento das progênies nestes locais.

Atualmente os plantios comerciais de *P. taeda* são implantados via seminal através de sementes selecionadas em pomares clonais, provenientes de matrizes já testadas e geneticamente superiores. O pomar clonal de sementes é um dos principais meios de se produzir sementes de qualidade genética superior e isso poderá resultar em clones dos melhores indivíduos já selecionados, para a produção de progênies mais produtivas (Oliveira et al., 2018), e nestes pomares a produção é exclusivamente de sementes que possuam qualidade superior por meio do melhoramento genético (Cancela, 2019), com indivíduos mais produtivos, mais resistentes as pragas, com maior rendimento e aumento na qualidade da madeira.

Um programa de melhoramento genético de sementes tem base numa população de indivíduos já selecionados fenotipicamente, como no caso de um pomar clonal, cuja produção de sementes possa assegurar o passo inicial na pesquisa de ganho genético e herdabilidade dos descendentes (progênies) das árvores deste pomar. Neste contexto, as primeiras investigações científicas devem se fundamentar sobre a capacidade germinativa e vigor fisiológico das progênies dessa população previamente selecionada.

O processo germinativo e a emergência de uma semente têm início após alguns dias e sinaliza a saída da primeira radícula pelo tegumento. A emergência da semente só é considerada quando o hipocótilo que se situa acima da raiz primária encontra-se na linha do substrato ou acima, estando no colo da plântula (CANCELA, 2019).

A germinação é considerada quando o embrião se desenvolve até formar uma nova planta, ou seja, que esta seja independente para se manter. Porém, os processos que resultam na germinação são influenciados por fatores externos e internos, e devido a isso nem todas as sementes conseguem germinar e encerrar este ciclo (Kramer e Kozlowski, 1972 *apud* Floriano, 2004). Para complementar e aprimorar os testes capacidade germinativa de sementes, existem testes que avaliam, ainda, o vigor e qualidade fisiológica de mudas produzidas pelas sementes que apontam para respostas mais seguras e eficazes para seleção de progênies dentro de um programa de melhoramento de sementes florestais.

Nos testes de vigor fisiológico é possível prever a emergência das plântulas e o seu futuro potencial de crescimento vegetativo, servindo como ferramenta de seleção de genótipos superiores como matrizes produtoras de sementes para futuras gerações (progênies) em novo pomar clonal.

Em outro campo do melhoramento genético de espécies arbóreas, sobretudo pelo avanço já consolidado para algumas espécies florestais comerciais, está a propagação vegetativa de

propágulos vegetais genótipos superiores. É uma técnica bastante difundida que visa multiplicar plantas selecionadas para dar origem a novos indivíduos geneticamente idênticos a planta mãe.

Um método de propagação vegetativa relativamente recentes para espécies arbóreas é a miniestaquia, que se tornou atualmente o método mais utilizado nos viveiros florestais das empresas do país (DIAS, 2012).

Ao contrário da produção de mudas por sementes sem nenhum grau de melhoramento genético, que podem originar mudas de baixa qualidade e alta variabilidade genética, a técnica da miniestaquia como propagação clonal tem assumido uma projeção mais consolidada em programas de melhoramento genético. As vantagens mais significativas dessa técnica são a redução de área física para se produzir a mesma quantidade de mudas com infraestrutura de fonte contínua de material genético que são os minijardins clonais no viveiro florestal, a garantia de produção de mudas com qualidade superior no sistema radicular, ambas passíveis de desoneração de custos durante o processo produtivo de mudas clonais, e ainda sua adaptação em campo (DIAS, 2012).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Estimar parâmetros que predizem o vigor germinativo e fisiológico de plantas de *Pinus taeda* L. provenientes de progênies de polinização livre em Pomar Clonal de Sementes (PCS), bem como o potencial de clonagem através da técnica de miniestaquia.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Testar a capacidade germinativa de sementes e qualificar plântulas originadas através de diferentes progênies de PCS de *P. taeda* em câmara germinativa do tipo BOD;
- Avaliar, quantificar e classificar as variáveis estimadas para o vigor fisiológico de mudas originadas de progênies de *P. taeda* em casa de vegetação;
- Elaborar e atribuir valores ponderados sobre as médias observadas para o vigor germinativo de sementes e vigor fisiológicos de mudas, visando a seleção de 50% das progênies de melhor desempenho de vigor; e
- Avaliar o potencial preliminar de clonagem de progênies de *P. taeda* por meio da técnica de miniestaquia.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os plantios homogêneos do gênero *Pinus* ganharam espaço no Brasil por volta de 1960. Desde então, as áreas que foram plantadas situavam-se nos estados do Sul e Sudeste, e as espécies predominantes foram o *Pinus taeda* e *Pinus eliotti*. Com a criação do Fundo de Investimento Setorial (FISSET) ocorreu um estímulo para implantar áreas de florestas e, com isso, as plantações de *Pinus* já sinalizaram um aumento ainda mais nas décadas de 1970 e 1980, já evidenciando também um aumento significativo na produção de madeira (SHIMIZU et al., 2008). À época já ficou evidente a importância da produção de *Pinus* para o país, gerando madeira para celulose, exportação, estruturas, fabricação de móveis, embalagens, molduras, e chapas de diversos tipos.

A principal forma de plantio de novos indivíduos de *Pinus* ocorre por meio de sementes. Para isso, os plantios no Brasil foram estabelecidos com sementes adquiridas de regiões produtoras nos Estados Unidos, porém não havia nenhum dado da origem dessas sementes e muito menos da sua qualidade genética (FONSECA; KAGEYAMA, 1978). Desse modo, os resultados foram plantios de baixa qualidade, pois os fustes apresentavam defeitos, como bifurcação e tortuosidades. Porém essas características puderam ser modificadas por meio do melhoramento genético ao longo dos anos, que contribuiu para que seja possível a produção de sementes de qualidade para os plantios nacionais, ainda mais mediante a ótima adaptação e produção do gênero no Brasil.

Com os avanços do melhoramento genético, a aplicação de novas e boas práticas de manejo e o clima favorável para o seu desenvolvimento, a espécie de *Pinus taeda* começou a ser manejada sob altos índices de crescimento e qualidade da madeira.

Dados atualizados publicados no relatório da IBÁ (2022), a produtividade média desta espécie no ano de 2021 foi de 29,7 m<sup>3</sup>/ha/ano, e este valor pode vir a aumentar com a evolução do melhoramento genético no Brasil. Mesmo com o crescimento da produção da espécie ainda ocorre um déficit na oferta de madeira sob toras do gênero *Pinus* no país, e devido a isso o interesse nos programas de melhoramento genético só expande, principalmente com a espécie de *Pinus taeda* (ALCANTARA, et al., 2008).

A espécie de *Pinus taeda* é natural dos Estados Unidos, cresce em um clima temperado e úmido, onde nas estações o inverno é mais ameno e o verão é de longos períodos de sol. Neste ambiente de origem a precipitação anual fica em torno de 1.300 mm, podendo variar e a temperatura anual varia de 13° a 24° graus celsius (FOWELLS, 1965 apud SHIMIZU et al., 2008). A espécie se adaptou muito bem as condições climáticas brasileiras, com isso obteve um

sucesso total, porém ainda não havia doenças ou pragas que atingissem a espécie, sendo assim a produtividade não era afetada, e continuava a se expandir. No entanto alguns anos passados, a praga florestal *Sirex noctilio*, conhecida popularmente como vespa-da-madeira, começou a atacar a espécie. A partir desse ataque houve uma deterioração e perda nos plantios, para impedir que a praga danificasse cada vez mais os plantios, novas formas de manejo, medidas de controle e medidas preventivas foram aplicadas.

Nos estudos de melhoramento genético é de extrema relevância a relação genótipo e ambiente sobre os resultados. Antes de qualquer processo ser iniciado deve-se analisar a relação do genótipo e do ambiente escolhido para desenvolver o estudo. Como o Brasil é um país com grandes diferenças climáticas entre as regiões, muitas vezes isso dificulta a obtenção dos resultados. Mas foi possível identificar as grandes áreas de plantios, que se concentram no clima temperado e no clima tropical, e as espécies do gênero *Pinus* mais prevalentes nestes ambientes são, respectivamente, *taeda*, *greggii*, *patula*, *elliottii* e *tecunumanii*, *caribaea*, *hondurensis*, *bahamensis* (FONSECA; KAGEYAMA, 1978).

O desenvolvimento do melhoramento genético empregado atualmente no gênero *Pinus* visa desenvolver as espécies que possuem um elevado valor econômico atualmente, as quais são o *Pinus taeda*, *Pinus eliotti* e o *Pinus caribea* var. *hondurensis*. No Brasil as florestas plantadas possuem grande importância economicamente, e uma das espécies de maior importância é *Pinus taeda*, sobretudo reconhecida por sua boa produtividade e a alta qualidade da madeira. Isto resulta na procura de sementes para implantar novos plantios e ampliar as áreas com essa espécie. Para isso ocorrer é necessário possuir sementes de alta qualidade, para posteriormente essa qualidade ser vista nos plantios (FILHO et al., 2001).

Os programas de melhoramento genético com o passar do tempo afunilaram-se cada vez mais seu objetivo, que busca alcançar uma produção de sementes de elite, para serem plantadas no Brasil. No início são diversas etapas realizadas para o desenvolvimento do melhoramento, como seleção de procedência, testes de vigor, de germinação, seleção de progênies, até que é possível chegar ao resultado. As etapas principais do processo de melhoramento genético são: seleção de procedência; população base (árvores “matrizes” geneticamente superiores); seleção de indivíduos; testes de progênies; produção de sementes melhoradas geneticamente (MEDEIROS; FLORINDO, 2017). Após todos esses processos, é chegado o resultado de sementes com elevado grau de melhoramento genético, que contribuem para metas de alta taxa de germinação, qualidade e alto vigor fisiológico, forma de fuste mais retilíneo e, ao final da rotação planejada, alta produtividade e qualidade madeireira.

Para a produção de mudas florestais as sementes devem ser selecionadas de indivíduos fenotípica e geneticamente superiores, e essa fonte de material pode ser obtida por meio de um Pomar Clonal de Sementes (PCS). Na grande maioria são estes pomares que tentam atender toda a demanda por sementes de *Pinus taeda* existente nos plantios comerciais pelo mundo, pois é a melhor forma de se produzir sementes com qualidade genética, em grandes quantidades e precocemente (OLIVEIRA et al., 2018), e estes pomares são implantados normalmente dentro das próprias empresas do setor florestal, que precisam de sementes para novos plantios. As empresas que ainda não o possuem, estão desenvolvendo estudos para a implantação de PCS, ou adquirem as sementes de outros pomares locais ou regionais. No Brasil a linha de pesquisa para o melhoramento genético de sementes do gênero *Pinus* está centralizado em empresas do setor privado, embora algumas instituições públicas de pesquisa estejam também contribuindo para este avanço científico para espécies do gênero *Pinus* em seus estudos e análises.

Os Pomares Clonais de Sementes (PCS) podem ser compreendidos também como uma população selecionada, que foi melhorada para atender a demanda do setor florestal de sementes de alto padrão. Para a formação desses pomares é essencial realizar a estimativa de parâmetros genéticos, e alguns destes parâmetros podem ser definidos através de testes de progênies (MOREIRA, 2017). A produção de sementes dos PCS's varia muito com a idade de cada pomar, e segundo Ferreira (2013), no Brasil a produção média de um pomar com 15 anos varia de 0,3 a 1 quilograma de sementes por árvore matriz no pomar, embora possa haver grande variação nesta produtividade, pois um cone sadio e maduro desta conífera pode possuir até 200 sementes.

A análise de sementes é de extrema importância pois, apresenta dados sobre sua qualidade fisiológica, genética e física. Com essas análises os resultados podem trazer ganhos significativos, melhorando a qualidade das sementes para produção de mudas em viveiro e futuramente dos plantios florestais, além de contribuir para os avanços científicos no setor florestal (GOLLE, 2007).

Pelas progênies pode-se determinar a variabilidade genética de uma população (FILHO, et al. 2001). Nos testes de progênies são avaliadas características fenotípicas e genéticas, e para realizar a avaliação de uma quantidade maior de progênies, é recomendado espaçamentos menores e ambientes controlados como uma casa de vegetação (FILHO, et al., 2002). Podemos encontrar variação genética entre e dentro de progênies, sendo muito importante estudar o desempenho das progênies no local do estudo, pois em outros locais e até mesmo em locais semelhantes pode haver diferenças no desempenho de campo.

É fundamental conhecer a qualidade fisiológica das sementes que irão ser plantadas á campo, essa qualidade pode ser conhecida e determinada com os testes de germinação e vigor

germinativo. Os testes de germinação apresentam resultados sobre a viabilidade das sementes, porém somente esse tipo de teste não é viável para se saber mais sobre as sementes. Com o teste de vigor germinativo é possível avaliar o potencial das sementes á campo (SARTORI, 2008). É importante ressaltar que existem diversos métodos de aplicar os testes de germinação e vigor, cada método é aplicado conforme a espécie e sua finalidade.

A germinação é um processo contínuo de ocorrências fisiológicas, que podem ser influenciadas por fatores internos da semente e fatores externos. Os fatores externos possuem uma grande influência neste processo germinativo, pois, constituintes essenciais ao crescimento da planta são externos, como a água, a luminosidade e a temperatura (CANCELA,2019). Os testes de germinação além de realizados em casa de vegetação podem ser realizados também em laboratório, onde os fatores externos são controlados, sendo possível ter uma outra percepção dos resultados. Pois, para se iniciar os testes em laboratório, tudo deve estar higienizado e limpo, o material separado, definição da temperatura e quantidade de horas de luz irá incidir sobre as sementes, além de que deste modo de aplicação dos testes ocorre facilitação para o processo de germinação acontecer.

O teste de vigor germinativo para (Woodstock, 1965 apud Bianchetti; Yokomizo, 2004) é a boa condição da semente e seu próprio vigor natural, para que as sementes que se encontram no solo, germinem uniformemente em condições ambientais favoráveis e amplas. Ou seja, os testes de vigor irão estabelecer qual a qualidade das sementes, explanando sementes que possuem uma baixa qualidade, que possivelmente iriam falhar a campo. Qualquer alteração fisiológica pode prejudicar o vigor de uma semente, por isso o ambiente onde os testes forem realizados deve estar estabelecido. O vigor das sementes pode ser determinado por testes bioquímicos, testes de desenvolvimento ou até mesmo a observação detalha no processo de germinação das sementes (BIANCHETTI; YOKOMIZO, 2003).

Para um sistema de propagação vegetativa ter sucesso independentemente da espécie, é preciso conhecer e entender o desenvolvimento da mesma, além do desenvolvimento existem fatores que estão ligados diretamente com o crescimento do indivíduo. Geneticamente precisa-se levar em consideração o ambiente (condições de luz e água) a interação dos fatores como idade e características da planta mãe no processo de enraizamento (Lebude et al., 2005 apud Alcantara, et al., 2007).

Como já mencionado, o *Pinus taeda* possui grande importância na economia florestal brasileira, devido a isto, estão sendo estudados métodos de melhoramento genético para aplicar nesta espécie. Um método que chama a atenção é a estaquia, este método é bastante aplicado atualmente no gênero *Eucalyptus*, pois apresentou resultados satisfatórios na geração de clones

geneticamente melhores (ALCANTARA, et al., 2007). Contudo o método de estaquia pode ser utilizado no gênero *Pinus*, com a técnica de miniestaquia, que é uma especialização do método tradicional, a qual utiliza propágulos com maior potencial jovem, estes provenientes de mudas produzidas por sementes ou de plantas já propagadas pela estaquia convencional (FERRIANI et.al, 2010). O método de miniestaquia visa o aumento do enraizamento, assim criando um sistema radicular mais forte e desenvolvido nas mudas, que crescerão com maior vigor, volume e desempenho á campo (ALCANTARA, et al., 2007).

No entanto outro ponto que deve ser levado em consideração para o sucesso do enraizamento (após a realização do método de miniestaquia), é a estação do ano em que está sendo realizada o processo. Pois nas estações mais quentes, na maioria dos casos ocorre o aumento de brotações, florescimento das cepas e melhores taxas de crescimento (KIBBLER et al., 2004). Para a realização do método de miniestaquia é preciso construir um minijardim clonal, o qual reduz a área produtiva, além de diminuir o período de enraizamento e aclimação das mudas produzidas.

A definição de um minijardim clonal é o conjunto de minicepas (plantas selecionadas). O minijardim clonal é uma técnica não muito usada no Brasil para o gênero *Pinus*, pois se tem pouco conhecimento com esta técnica, não havendo muitos estudos e experimentos. Para a implantação de um minijardim clonal deve-se: produzir as minicepas por meio dos métodos de enxertia ou estaquia, possuir um espaço para sua implantação, estabelecer as doses de fertilizantes que serão utilizados, ter o controle da temperatura, umidade, luz do ambiente, irrigação, entre outros fatores. (ANDREJOW, 2006).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCAL DE ESTUDO

O presente estudo conduzido no Viveiro Florestal pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Maria - Campus Frederico Westphalen, região noroeste do estado do RS.

O município de Frederico Westphalen faz parte da região do Médio Alto Uruguai, localizado sob coordenadas geográficas 27°22"S; 53°25"W, e está a 490 metros de altitude. Segundo a classificação de Köppen o clima é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido, com temperatura média anual de 20,2°C, sendo que na estação mais fria a temperatura mínima pode chegar à 0°C e na estação mais quente a temperatura máxima chega a 36°C. A precipitação anual média do município no ano de 2019 foi de 1720mm (CARON; NARDINI, 2020).

No local de estudo os processos investigativos se detiveram sobre a avaliação e estimativa de parâmetros de 19 progênies de *Pinus taeda* provenientes de um PCS de propriedade da empresa Adami S/A, localizada no município de Caçador (SC), e de um lote de sementes certificadas de um PCS de 2,5 gerações adquiridas comercialmente, sementes certificadas através das quais a empresa produz mudas para plantio em suas áreas de plantações florestais, totalizando 20 fontes de material genético em teste.

Como forma de distinção entre os materiais testados no decorrer deste estudo, as 19 progênies do PCS da empresa Adami S/A são então codificadas como: código “1” sendo a progênie 1; código “2” a progênie 2; e assim sucessivamente até código “19” a progênie 19. O lote de sementes comerciais chamado como “testemunha” assume, nesta classificação, o código 20.

O estudo completo foi realizado em três etapas distintas, sob diferentes ambientes e objetivos específicos de investigação sobre o material seminal supracitado. Na primeira etapa do estudo foi analisada a capacidade de germinação de sementes e qualificação de plântulas em câmara germinativa do tipo BOD (controle absoluto de temperatura, umidade relativa do ar e fotoperíodo), no Laboratório de Silvicultura e em casa de vegetação (segunda etapa) do viveiro florestal da UFSM-FW. Na sequência, a etapa 2 constitui-se de um estudo acerca da capacidade de germinação e emergência e do vigor fisiológico das sementes das diferentes progênies, também testadas na fase 1. Por fim, a etapa 3 do estudo avaliou o desempenho de 10 progênies de *P. taeda* em ambiente de minijardim clonal e estufa climatizada (controle absoluto de

temperatura e umidade relativa do ar), testando a capacidade de rebrota de minicepas em tanque clonal, a sobrevivência de minicepas e a capacidade de enraizamento de miniestacas com Ácido Indolbutírico (AIB) em solução hidroalcolica 50% como agente fitoregulador na indução de raízes adventícias em miniestacas. Parte do material testado (mudas) nesta etapa 3 foi obtido diretamente do viveiro florestal da empresa Adami S/A, em Caçador (SC), sendo que 4 progênies foram provenientes da etapa 2 deste trabalho.

#### 4.2 CAPACIDADE GERMINATIVA EM CÂMARA BOD – Etapa 1

O experimento foi realizado com sementes de 19 progênies *P. taeda* provenientes de um pomar clonal de 13 anos de idade pertencente à empresa Adami/SA, de Caçador (SC), e um lote “testemunha” das sementes certificadas adquiridas comercialmente pela mesma empresa.

Nessa etapa 1 o material foi preparado para teste através de protocolos estabelecidos como regras para análise de sementes florestais, com 25 sementes em cada uma das quatro repetições, todas em caixa do tipo Gerbox e papel filtro como substrato, totalizando 100 sementes de cada progênie testada.

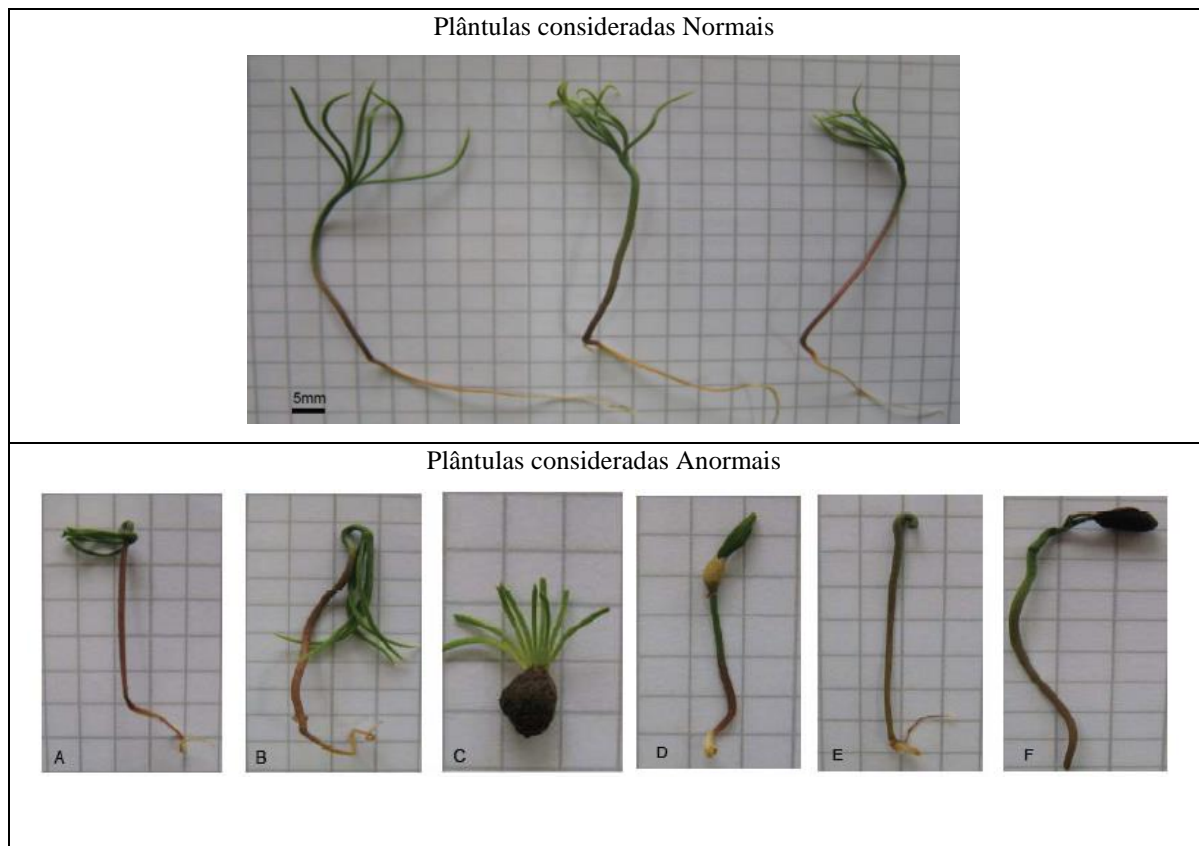
Na instalação do teste os materiais (caixas Gerbox e BOD) foram esterilizados com álcool 96°GL, visando minimizar o risco de ocorrência de fungos e bactérias e contaminação das sementes sob o substrato de papel filtro.

Primeiramente foi medido o peso, em gramas, de três folhas de papéis filtro com tamanho aproximado de 11 x 11 x 3,5 cm. O peso médio do papel foi referência para o volume de água destilada necessário (2,5 vezes o peso do papel filtro) para saturação antes da distribuição das sementes de cada repetição na caixa Gerbox.

A câmara de germinação BOD foi regulada em temperatura constante de 26°C ±1, com fotoperíodo de 16 horas de luz, antes do estabelecimento do material a ser testado.

As avaliações foram realizadas aos 2; 5; 7; 14 e 21 dias após a instalação do teste, sendo que já nas primeiras avaliações (2; 5 e 7 dias) foi computado o número de sementes que sinalizaram a emissão da radícula, bem como a ocorrência de possível contaminação por fungos/bactérias. Ao final de 21 dias foi realizada a caracterização e quantificação de plântulas normais e anormais (Figura 1), caracterização está baseada em Vieira e Buhner (2015), cujas plântulas normais são consideradas aquelas que possuem a estrutura essencial com uma porcentagem de defeitos menor que 50% e que não esteja infectada, e plântulas anormais aquelas em que a estrutura se encontra danificada, deteriorada e atacada por fungos/bactérias.

Figura 1 - Referência para qualificação de plântulas de *Pinus taeda* L. avaliadas na etapa 1 do estudo.



Fonte: (Adaptado de Vieira e Buhner, 2015).

Nos primeiros dias após a instalação foram aplicados 2 mililitros de água destilada por repetição (caixa Gerbox) de cada progênie e, conforme o nível de saturação hídrica do papel filtro (substrato) na caixa com o decorrer dos dias, foi aplicado somente 1 mililitro de água destilada para manter a umidade necessária. Também foi realizado, a cada dois dias, o rodízio das bandejas com as caixas Gerbox no interior da BOD e das caixas sobre cada bandeja, evitando variações na intensidade luminosa sobre o material em teste.

#### 4.3 VIGOR FISIOLÓGICO EM CASA DE VEGETAÇÃO – Etapa 2

A segunda etapa do estudo consistiu em estabelecer os testes de vigor fisiológico de mudas (e novamente da capacidade germinativa) do mesmo material genético testado na etapa 1 (19 progênies + lote testemunha). Foi realizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com 20 tratamentos e 4 repetições de 10 sementes cada, totalizando 40 sementes por progênie neste etapa do estudo.



Além da análise de respostas acerca da capacidade germinativa das sementes e do vigor fisiológico das plantas, o propósito desta fase foi produzir material genético (mudas) para subsidiar a etapa 3 do estudo (miniestaquia em tanques clonais).

O espaço físico destinado a esta etapa de testes foi inicialmente um ambiente controlado de estufa climatizada (até 28 dias após instalação) e posteriormente mais 170 dias em ambiente parcialmente controlado de casa de vegetação, totalizando aproximadamente 200 dias entre a instalação e a avaliação final nesta etapa de testes.

A decisão por um espaço físico desta natureza buscou simular um ambiente já operacional de produção de mudas da espécie em estudo, ou seja, o ambiente de semeadura e germinação com controle de umidade, temperatura e irrigação automática sob nebulização tipo *fogger* na estufa climatizada (para teste da capacidade germinativa) e ambiente de crescimento que é parcialmente controlado em casa de vegetação, com irrigação do tipo aspersão (teste de vigor fisiológico de mudas).

A semeadura foi realizada em tubetes de polipropileno de 120 cm<sup>3</sup>, com substrato comercial e complemento nutricional através de fertilizante encapsulado do tipo Osmocote®. Os tubetes foram acondicionados em bandejas plásticas com capacidade para 96 células/tubete e, com base nesta estrutura foi implantado o delineamento experimental planejado, que do tipo inteiramente casualizado, com 20 tratamentos (19 progênes e uma testemunha comercial), em quatro repetições de 10 sementes por progênie.

Nessa etapa a avaliação da emergência de plântulas foi semanal ao 10; 12; 14; 16; 18; 21; 25; e 28 dias, na estufa climatizada, enquanto para a caracterização do padrão de plântulas (normais e anormais), a avaliação foi realizada somente aos 35 dias após a semeadura, quando o material já havia sido transferido para o ambiente físico de casa de vegetação. Após este período as avaliações foram aos 60; 100; 130; 160 e 200 dias no interior da casa de vegetação, nas quais foram mensuradas as variáveis altura (cm) e diâmetro do colo (mm) das plantas existentes no teste.

Na última avaliação de 200 dias foi realizada uma avaliação destrutiva das plantas para quantificação de biomassa seca da parte aérea e radicular das plantas. O procedimento para determinação desta variável de estudo foi a remoção da parte aérea e lavagem das raízes de 8 plantas em cada uma das 4 repetições por progênie. O material coletado foi acondicionado em saco de papel kraft, devidamente identificado e conduzido para estufa de secagem com circulação forçada de ar, permanecendo por 48 horas sob temperatura de 65°C, até alcance de peso constante do material coletado. Para pesagem de cada fração da variável biomassa seca

(aérea e raiz, em gramas) foi utilizada balança digital com capacidade de 4 kg e precisão de leitura com 3 casas decimais.

#### 4.4 PROPAGAÇÃO POR MINIESTAQUIA – Etapa 3

Nessa etapa de investigação, as mudas selecionadas para plantio em tanques clonais como fonte de material vegetativo para testes de enraizamento de miniestacas foram obtidas diretamente do viveiro de produção de mudas de *Pinus taeda* da empresa Adami S/A, em Caçador (SC).

Inicialmente a intenção foi utilizar o mesmo material genético investigado e produzido na etapa 2 deste estudo, porém as mudas existentes no momento não apresentavam idade e padrão homogêneo que pudesse atender aos pressupostos impostos pela experimentação científica e, por esse motivo, o material foi adquirido diretamente da empresa.

No total foram testadas 10 progênies plantadas em tanque clonal visando a coleta de brotações para confecção de miniestacas e, então, proceder com os testes de sobrevivência e capacidade de enraizamento de miniestacas de cada progênie.

Das 10 progênies adquiridas externamente para a miniestaquia, 4 delas são as mesmas do presente estudo, e as demais são progênies diferentes. Com isso, as progênies foram estão assim identificadas: com códigos letra A; B; C; D; E e F são as progênies não testadas nas fases 1 e 2 deste estudo, e as progênies 7; 8; 9 e 12 são o mesmo material genético já testado nas etapas 1 e 2.

O protocolo para implantação do minijardim clonal de *Pinus taeda* consistiu no plantio de 12 plantas de cada progênie, em espaçamento 15 cm X 15 cm, totalizando 120 plantas no tanque clonal, o qual possui dimensões de 0,8 metros de largura e 6,0 metros de comprimento, preparado para um sistema de irrigação via gotejamento, em regime sistematizado de mangueiras para manutenção da umidade necessária e adequada do substrato (areia grossa/areia fina/brita).

Passados 20 dias do plantio das mudas foi realizada a poda de formação das minicepas, que consistiu na eliminação da dominância apical da muda, permanecendo com 15 cm cada uma das minicepas do tanque clonal. A necessidade de poda de formação é justificada pela necessidade da indução de brotações laterais na muda e, então, obtenção de fonte de material para futura coleta e confecção de miniestacas.

A coleta de brotações das progênies em tanque clonal foi aos 30 dias após a poda de formação, quando então foram confeccionadas miniestacas de aproximadamente 5 cm de altura, para cada uma das progênies (minicepas).

Para análise da capacidade de enraizamento as miniestacas foram submetidas à aplicação Ácido Indolbutírico (AIB), em solução hidroalcolica de 50%, por meio da imersão da base das miniestacas durante 30 segundos. Para tal, foram definidos 3 tratamentos, assim constituídos: T1 – testemunha sem AIB; T2 – AIB 1500 mg L<sup>-1</sup>; e T3 – AIB 3000 mg L<sup>-1</sup>. Posteriormente à aplicação de AIB as miniestacas foram estabelecidas em tubetes e substrato comercial sem complemento nutricional.

Separadamente por progênies, o teste foi conduzido sob delineamento inteiramente casualizado, padronizado com 6 miniestacas para cada um dos 3 tratamentos, em cada progênie testada. Contudo, o número de brotações originado nas minicepas das progênies foi variado e, com isso, o número de repetições testado nas progênies variou de 3 a 4 por tratamento.

#### 4.5 VARIÁVEIS ANALISADAS NO ESTUDO

Como o estudo foi dividido em 3 etapas distintas, as variáveis a serem analisadas e mensuradas foram adotadas conforme a necessidade e objetivos de cada uma das etapas.

Nas sementes submetidas ao crescimento em ambiente controlado de câmara BOD (etapa 1) foram analisadas as variáveis: germinação total (em %), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio de germinação (TMG) e velocidade média de germinação (VMG), todas descritas pelas equações:

$$GT = (N/A) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

GT = Germinação total de sementes (%);

N = número de sementes germinadas;

A = número de sementes na amostra/repetição.

$$IVG = \sum \left( \frac{n_i}{t_i} \right) \quad (2)$$

Onde:

IVE = Índice de Velocidade de Emergência (média de dias para germinação);

n<sub>i</sub> = número de sementes que germinaram no tempo “i”;

t<sub>i</sub> = tempo após instalação do teste;

“i” = tempo das avaliações (dias).

$$TMG = \sum \frac{(n_i \times t_i)}{\sum n_i} \quad (3)$$

Sendo:

TMG = Tempo Médio de Germinação (sementes/dia);

$n_i$  = número de sementes germinadas por dia;

$t_i$  = tempo de incubação das sementes;

“i” = tempo das avaliações (dias).

$$VMG = \frac{1}{TMG} \quad (4)$$

Onde:

VMG = velocidade média de germinação (sementes/dia), inversamente proporcional ao TMG;

TMG = tempo médio de germinação (sementes/dia).

Embora semelhantes às variáveis analisadas na etapa 1, as expressões adotadas para análises de variáveis relacionadas ao estudo da capacidade germinativa de sementes em estufa climatizada, e de vigor fisiológico de plantas em casa de vegetação (ambientes testados na etapa 2) são assim descritas:

$$E = (N/A) \times 100 \quad (5)$$

Onde:

E = Emergência (%);

N = número de sementes emergidas;

A = número de sementes na amostra/repetição.

$$IVE = \sum \left( \frac{e_i}{n_i} \right) \quad (6)$$

Onde:

IVE = Índice de Velocidade de Emergência (média de dias para emergência);

$e_i$  = número de plântulas totais que emergiram;

$n_i$  = número de dias da avaliação;

“i” = tempo das avaliações (dias).

$$TME = \sum \frac{(e_i \times t_i)}{\sum e_i} \quad (7)$$

Onde:

TME = Tempo médio de emergência (plântulas/dia)

$e_i$  = número de plântulas emergidas por dia;

$t_i$  = tempo que levou para emergência ocorrer.

$$VME = \frac{1}{TME} \quad (8)$$

Onde:

VME = velocidade média de emergência (plântulas/dia), inversamente proporcional ao TME;

TME = tempo médio de emergência (plântulas/dia).

Na etapa 2 ainda analisada a variável que confere o padrão de qualidade das mudas no viveiro florestal, estimado através do Índice de qualidade de Dickson (IQD) e expresso pela equação é:

$$IQD = PMST / \left[ \frac{H}{DC} \right] + \left[ \frac{PMSPA}{PMSR} \right] \quad (9)$$

Onde:

PMST= produção de matéria seca total (g);

H = altura (cm);

DC= diâmetro do coleto (mm);

PMSPA= produção de matéria seca da parte área (g);

PMSR= produção de matéria seca das raízes (g).

Em síntese, tanto na etapa 1 (aos 21 dias) como na etapa 2 (aos 35 dias) as variáveis analisadas foram germinação total e classificadas em plântulas normais e anormais, enquanto na etapa 2 foram adicionalmente avaliadas, aos 160 dias, as variáveis altura média (em cm), diâmetro do colo (em mm) e biomassa seca (em gramas) de parte área e radicular das plantas. Para isso, aos 200 dias após instalação na casa de vegetação foram realizadas avaliações destrutivas de 8 plantas por matriz para quantificação de biomassa seca de cada uma das 20 matrizes testadas.

Na etapa 3 as variáveis analisadas, para cada uma das progênies estudadas, foram os percentuais de sobrevivência e a predisposição de enraizamento de minicepas de progênies de *P. taeda*.

Após mensuração das variáveis em cada uma das etapas os dados obtidos foram, quando expressos em percentagem transformados em dados logaritmizados, e submetidos à análise de variância e testes de médias através do software *Statistica Stat Soft*.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CÂMARA GERMINATIVA DO TIPO BOD

A apresentação dos resultados dessa primeira etapa do estudo transcorre separadamente para cada uma das variáveis investigadas aos 21 dias após instalação dos testes em câmara BOD, ou seja, a avaliação da germinação total (GT, em %), o tempo médio de germinação (TMG, em dias), o índice de velocidade de germinação (IVG), a velocidade média de germinação (VMG, em sementes/dia), e a classificação de plântulas normais e anormais (em %).

Os resultados obtidos após análise de variância (ANOVA) indicaram haver diferença significativa entre as médias das progêneses para todas as variáveis analisadas nesta etapa do estudo, e o teste Tukey ( $P < 0,05$ ) demonstrou as diferenças entre as médias das progêneses testadas (Tabela 1).

A germinação ocorreu em todas as progêneses, a porcentagem de germinação das progêneses teve uma variação de 78% a 100%, sendo que as progêneses de nº 12, 7 e 4 obtiveram 100% de germinação, mostrando-se como os melhores e estes se diferiram estatisticamente dos demais, porém as progêneses de nº 10, 2 e 17 obtiveram os menores percentuais de germinação respectivamente 87%, 82% e 78%. Vale ressaltar que a progêneses testemunha de nº 20 apresentou ótimos resultados de germinação sendo de 99%. Podemos observar na figura 3 (a) a amplitude das progêneses quando comparadas com o percentual de germinação.

Nas progêneses 4, 7 e 12 é possível observar a totalidade de sementes germinadas, evidenciando o mais alto vigor fisiológico germinativo, enquanto as menores médias de germinação total foram verificadas para as sementes das progêneses 2 (82,0%), 10 (87,0%) e, a menor capacidade germinativa, a progêneses 17, com 87,0% das sementes germinadas aos 21 dias. Todas as demais progêneses apresentaram, contudo, consideráveis taxas germinativas, com médias superiores a 90,0% e desvio padrão para esta variável relativamente baixo, considerando que as médias variaram entre 78,0 e 100,0% de germinação entre as progêneses testadas.

O teste de germinação em ambiente precisamente controlado, como exemplo uma câmara BOD, é amplamente utilizado para avaliar a qualidade fisiológica das sementes, sejam de espécies florestais como de espécies agrícolas. Entretanto, convém salientar desde já, que esse teste é conduzido em condições ótimas de temperatura, água e horas de luz suficientes, ou seja, pode não retratar 100% do comportamento das sementes produzidas em viveiro e plantadas

a campo, incorrendo em possíveis divergências nos resultados a campo e em testes de laboratório (LIMA, et al., 2014).

Tabela 1 - Valores médios\* de germinação total, índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio (TMG) e velocidade média (VMG) de germinação de sementes de progênies de *Pinus taeda* L., em câmara de germinação do tipo BOD, aos 21 dias.

Progênies	GT (%)	IVG	TMG (dias)	VMG (sem/dia)
1	96,0 a	11,23 ab	1,24 a	0,81 a
2	82,0 bc	9,93 abcd	1,28 a	0,77 a
3	99,0 a	11,55 a	1,29 a	0,77 a
4	100,0 a	9,91 abcd	1,62 a	0,62 ab
5	94,0 ab	10,49 abcd	1,37 a	0,73 a
6	97,0 a	11,44 a	1,25 a	0,79 a
7	100,0 a	11,15 ab	1,33 a	0,75 a
8	96,0 a	11,63 a	1,25 a	0,80 a
9	97,0 a	10,37 abcd	1,48 a	0,68 ab
10	87,0 abc	9,37 bcde	1,41 a	0,71 a
11	99,0 a	11,11 abc	1,33 a	0,75 a
12	100,0 a	10,59 abc	1,46 a	0,68 ab
13	91,0 abc	8,55 cd	1,69 a	0,59 ab
14	95,0 ab	10,97 abc	1,39 a	0,72 a
15	97,0 a	11,03 abc	1,39 a	0,71 a
16	96,0 a	9,94 abcd	1,95 ab	0,56 ab
17	78,0 c	7,77 e	1,55 a	0,65 ab
18	95,0 ab	10,65 abc	1,54 a	0,65 ab
19	95,0 ab	9,07 cde	2,56 b	0,43 b
20 (test)	99,0 a	11,31 ab	1,40 a	0,73 a
<i>Média</i>	94,6	10,40	1,49	0,69
<i>Desvio Padrão</i>	± 7,42	± 1,23	± 0,38	± 0,12

\* Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autora (2022).

Em contrapartida, os primeiros resultados de testes de laboratório, mesmo como esses testes iniciais em ambiente plenamente controlados como a BOD, podem já sinalizar um bom desempenho do material que é investigado, como é o caso das progênies em teste no presente estudo.

Em relação ao índice de velocidade de germinação (IVG) das 19 progênies testadas, assim como para lote comercial testemunha (código 20) foi considerada a contagem do número de sementes germinadas por dia, até o 21º dia de avaliação. Os maiores valores constatados para o IVG foram das progênies 3 (11,55), 6 (11,44) e 8 (11,63), embora não tenham diferido estatisticamente da testemunha 20, que apresentou um índice de 11,3. De todo o material



testado, as progênies com os menores valores para este índice foram a 17 (7,77), 13 (8,55) e a progênie 19 (9,07). Embora a progênie 7 tenha apresentado uma germinação de 100,0%, considerando que tanto os resultados para germinação total como de IVG podem ser visualizados na Figura 2 A e 2 B, respectivamente, percebe-se que a germinação foi mais tardia ao longo dos 21 dias de avaliação em BOD.

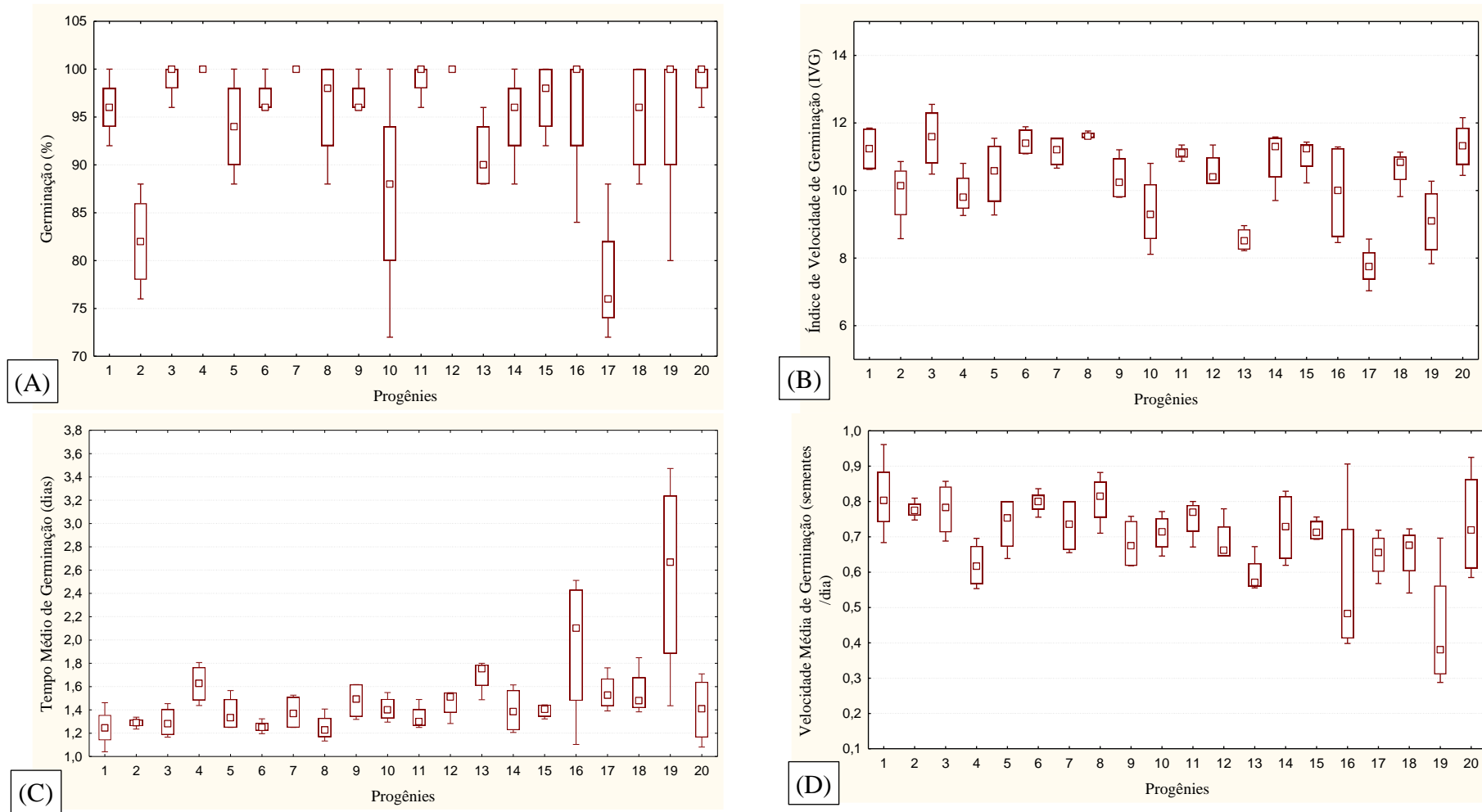
A temperatura utilizada no presente estudo foi constante e ao redor de  $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ . Com temperaturas altas a embebição hídrica das sementes ocorre de forma mais rápida e faz com que as reações metabólicas ocorram de forma mais acelerada no processo de germinação, possivelmente repercutindo para um IVG mais alto. Conforme (Larcher, 2000 *apud* Guedes et al., 2013) temperaturas mais altas estimulam os movimentos das moléculas, tornando fracas as ligações químicas existentes entre os átomos e, desta forma, os lipídios presentes nas biomembranas ficam mais fluídos e geram o aumento do efluxo de material celular para o meio.

As progênies 8 e 11 apresentaram uma duração média do tempo de germinação mais elevada que as demais (IVG de 11,63 e 11,11, respectivamente, como mostra a Tabela 1), embora não tenham apresentado um desvio padrão elevado entre o primeiro e último dia desse tempo médio de duração da germinação das sementes testadas (Figura 2 B). Em contrapartida, a progênie 13 mostrou que suas sementes iniciaram sua germinação já no oitavo dia e ocorreu até o nono dia, não havendo ampla dispersão dos dados observados nesse sentido, resultados estes evidenciados ainda na Figura 2 B.

Representado pela Figura 2 C, o tempo médio de germinação (TMG) é referente ao número de sementes que germinam por dia, e os resultados observados para esta variável evidenciam que as sementes das progênies 1, 6 e 8 foram as que mais rapidamente germinaram, com tempo médio variando de 1,24 a 1,25 dias somente, ou seja, estima-se que já nas primeiras horas (aproximadamente 30 horas após instalação do teste) tenha ocorrido o processo germinativo completo e emissão da radícula em boa parte das sementes destas 3 progênies. A progênie que apresentou o maior TMG foi a de código 19 (2,56 dias), mostrando-se como a mais lenta a sinalizar a reativação embrionária na semente e início do processo germinativo.

De uma forma geral, é importante salientar que o TMG não apresentou valores muito distintos entre as progênies avaliadas, o que representa uma germinação relativamente rápida das sementes, haja vista que a única progênie que apresentou diferença significativa para o tempo médio de germinação foi a progênie 19 (Tabela 1), pois variou de 1,1 a 3,5 dias durante o período de germinação.

Figura 2 - Resultados gráficos (*Box-plot*) da dispersão de dados para as variáveis germinação (%) - letra (A), índice de velocidade de germinação (IVG) – letra (B), tempo médio (TMG) – letra (C) e velocidade média (VMG) letra (D) de germinação de sementes de progênes de *Pinus taeda* L em câmara BOD, aos 21 dias.



Fonte: (Autora, 2022).

O lote de sementes com código 20 (testemunha) apresentou um valor intermediário entre as demais sementes em teste, estimado em 1,40 dias como tempo médio necessário para germinação.

A Figura 2 D mostra a distribuição dos dados observados para a velocidade média de germinação (VMG), que é inversamente proporcional TMG, ou seja, a avaliação deste fator consequentemente apresenta as mesmas progênes de nº 1, 8 e 6 como os melhores resultados, porém com unidade de referência expressas, neste caso, como sementes germinadas por dia (0,81; 0,79 e 0,80 – respectivamente), e as progênes 16 e 19 com a menor velocidade média respectivamente observadas, de 0,56 e 0,43 sementes/dia.

O conceito de vigor de sementes está atrelado, dentre outros fatores, à velocidade de germinação, e quando um paralelo é traçado entre este fator e os resultados de germinação total (21 dias) constatados nessa primeira fase, é possível concluir que as progênes em estudo são majoritariamente semelhantes entre si. Contudo, Nakagawa (1999) apud Guedes et al. (2015) menciona que normalmente são registradas diferenças na velocidade de germinação, e que essas diferenças apontam para uma diferenciação de vigor entre elas. Tal fato explica que sementes com mais alto vigor são aquelas que possuem maior velocidade de germinação. Além disso, a maior velocidade de germinação retrata um maior crescimento da planta no início de seu desenvolvimento, e repercute em um aumento na probabilidade de sucesso quando levada ao campo, aproveitando as reservas hídricas e nutricionais do solo para um melhor desenvolvimento fisiológico (GUEDES et al., 2015).

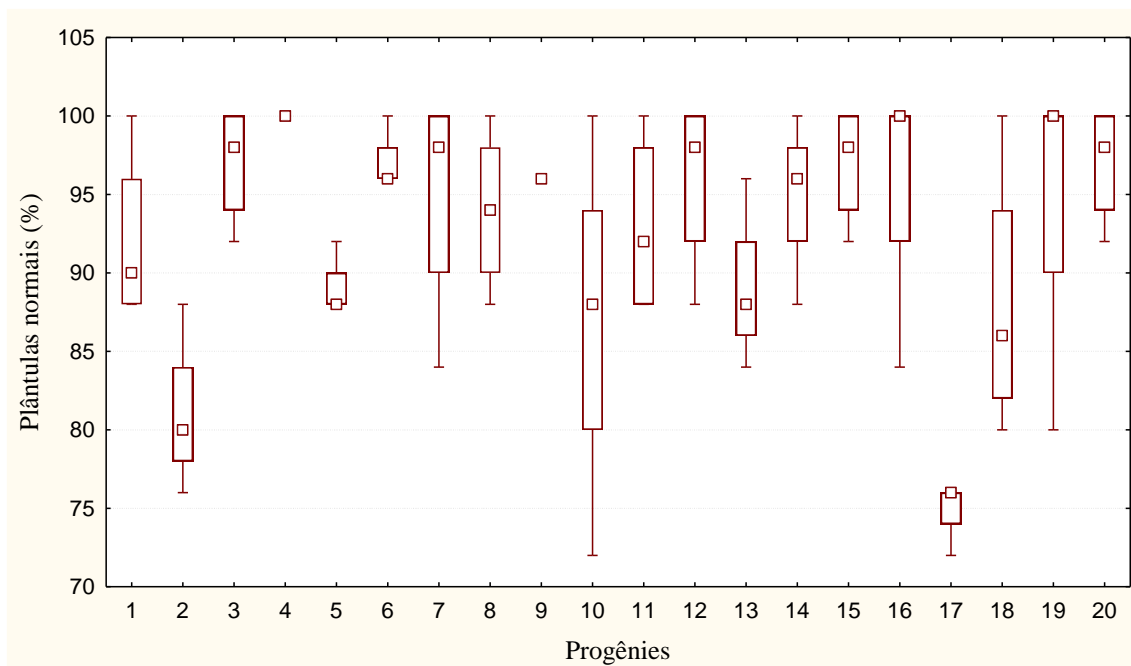
Ao se comparar o desempenho das progênes em função do número de variáveis analisadas, as progênes 6 e 8 apontam para resultados promissores em três destas: o IVG, o TMG e a VMG, enquanto a progênie 19 evidenciou médias inferiores nestas mesmas três das quatro variáveis investigadas. Esse cenário comprova que nenhuma das progênes se destacou positivamente para todas as variáveis simultaneamente, mas em uma análise ponderada seria possível elencar algumas delas como sendo as de maior interesse e teoricamente elegíveis em determinada intensidade de seleção no caso de um programa de melhoramento genético de sementes.

Neste contexto, ao selecionarmos uma ou mais progênes com os melhores resultados para somente uma variável investigada, poderíamos incorrer em um erro de seleção de material genético para propagação genética. Como exemplo, cita-se as progênes 4, 7 e 12 que apresentaram uma germinação total de 100%, mas não evidenciaram tão bom desempenho para as demais variáveis.

Após finalização do teste de germinação em BOD (aos 21 dias), e com base na classificação proposta por Vieira e Buhner (2015), os resultados apontaram para uma diferença significativa acerca do percentual de plântulas normais originadas ao final da germinação entre as progênes testadas, com variações claramente visíveis no número de plantas normais e relação às anormais.

Na avaliação de plântulas normais foi constatado que a progênie 4 teve 100% de seus indivíduos com características normais (Figura 3), e outras progênes com 96% de seus indivíduos normais, representados pelas progênes 6; 20; 3 e 15. As progênes com a menor percentagem de indivíduos normais foi a 2 e 17, ambas com 80 e 76%, respectivamente, como mostra a Figura 3, com um desvio padrão de 7,9%.

Figura 3 - Resultados gráficos (*Box-Plot*) da dispersão de dados percentuais de plântulas normais durante a germinação de progênes de *Pinus taeda* L. em câmara germinativa BOD, aos 21 dias.



Fonte: Autora (2022).

## 5.2 CASA DE VEGETAÇÃO

Sob condição de temperatura e luminosidade parcialmente controladas em casa de vegetação, nessa segunda etapa do estudo foram realizadas avaliações das mesmas progênes investigadas na fase anterior, sob a mesma amplitude de variáveis (exceto pelo fato que nesta etapa foi analisada a “emergência” e não “germinação” das sementes).

Aos 35 dias após instalação foram mensuradas as variáveis: índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME, em dias), velocidade média de emergência (VME, em sementes/dia) e germinação total (GT, em %), plântulas em normais e anormais (%). Além destas, foram mensuradas as variáveis altura (cm), diâmetro do colo (mm) das mudas e biomassa seca (gramas) de parte aérea e radicular.

Para todas as variáveis supracitadas, a análise de variância (ANOVA) resultou em significância estatística entre as médias das progênies estudadas. Assim, testes de comparação de médias por Tukey ( $P < 0,05$ ) foram realizados e os resultados são mostrados na Tabela 2.

A germinação total das sementes (GT) na avaliação aos 35 dias resultou em uma amplitude de variação de 60% (progênie 2) a 100% (progênie 6) entre todas as progênies avaliadas. É possível constatar que a progênie 6, com a menor média verificada para esta variável, diferiu estatisticamente da média germinativa das demais, exceto quando comparada com as progênies 16, 17 e 19 (Tabela 2).

Em termos gerais, a GT apresentou um desvio padrão de  $\pm 11,95\%$  e uma média de 87,34% de germinação efetiva nas diferentes progênies, sendo que aos 35 dias de avaliação já foi possível constatar que 65,0 % das progênies testadas (13 das 20 progênies) resultaram em uma germinação total das sementes igual ou superior à média geral (87,34%), o que representa uma capacidade germinativa positiva para o material em teste. Para Saavedra (1997), o vigor germinativo é uma propriedade fisiológica das plantas determinada pelo genótipo e pode ser modificada pelo ambiente, e essa modificação pode estar vinculada com o manejo, a nutrição, a condição das sementes quanto a colheita, armazenamento, dentre outros fatores inerentes.

Convém salientar que a progênie 2, além de apresentar a menor taxa de germinação total ao final de 35 dias (60%), mostrou também um dos menores índices de velocidade de emergência (1,74), o que representa que as sementes desta progênie iniciam seu processo fisiológico de germinação mais tardiamente que a maioria das progênies testadas, ficando à frente somente da progênie 13, cujo IVE foi de 1,62 ao final da avaliação.

Essa mesma progênie 2 apresentou percentual de germinação total que variou de 50 a 70%, como mostra a Figura 4 A, enquanto as progênies 3; 9; 12 e 20 atingiram 95,0% de germinação total, resultante, porém, de uma amplitude de variação menor que as demais progênies. Entretanto, a maior amplitude de variação na germinação total foi verificada para a progênie 19, que embora apresentando uma média de 80%, variou de 60 a 100%, como mostra a mesma figura supracitada.

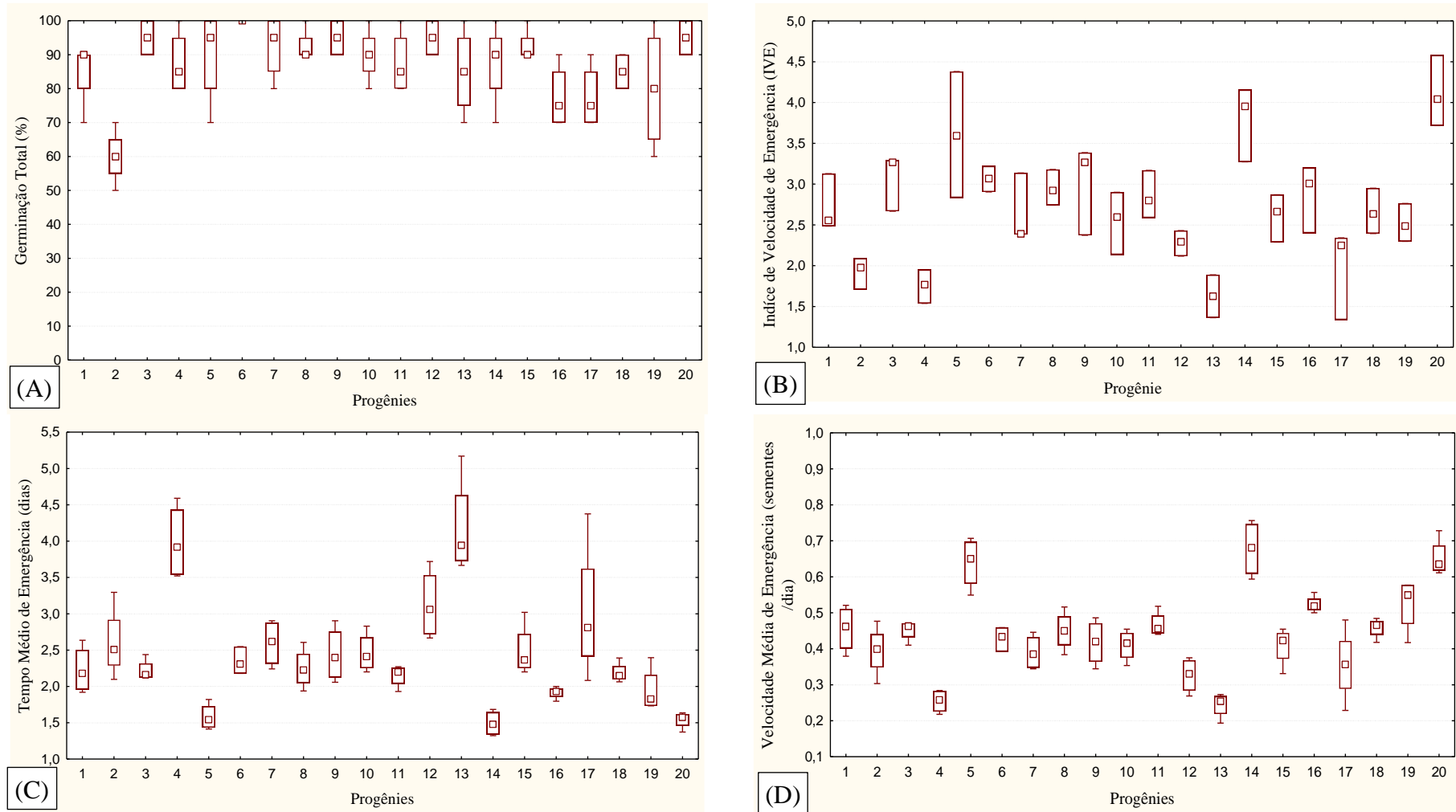
Tabela 2 - Valores médios\* de germinação total (GT), índice de velocidade de germinação (IVG), tempo médio (TMG) e velocidade média (VMG) de germinação de sementes de progênies de *Pinus taeda* L., em casa de vegetação, aos 35 dias.

Progênies	GT (%)	IVE	TME (dias)	VME (sem/dia)
1	85,0 a	2,72 abcd	2,22 abc	0,45 cd
2	60,0 b	1,74 cd	2,60 bc	0,39 bcd
3	95,0 a	3,05 abc	2,22 abc	0,45 cd
4	87,5 a	1,76 cd	3,98 de	0,25 ab
5	90,0 a	3,81 ab	1,58 ab	0,63 ef
6	100,0 a	2,29 cd	2,34 abc	0,42 cd
7	92,5 a	2,62 bcd	2,59 bc	0,38 abc
8	92,5 a	3,06 abc	2,24 abc	0,44 cd
9	95,0 a	2,89 abcd	2,43 abc	0,41 cd
10	90,0 a	2,68 abcd	2,46 abc	0,40 cd
11	87,5 a	2,84 abcd	2,14 abc	0,46 cd
12	95,0 a	2,31 cd	3,12 cd	0,32 abc
13	85,0 a	1,62 d	4,18 e	0,24 a
14	87,5 a	3,77 ab	1,49 a	0,67 f
15	92,5 a	2,72 abcd	2,48 abc	0,40 cd
16	77,5 ab	2,77 abcd	1,91 ab	0,52 de
17	77,5 ab	2,06 cd	3,01 cd	0,35 abc
18	85,0 a	2,74 abcd	2,18 abc	0,45 cd
19	80,0 ab	2,84 abcd	1,94 ab	0,52 de
20	95,0 a	4,02 a	1,53 a	0,65 ef
<i>Média</i>	<i>87,34</i>	<i>2,72</i>	<i>2,44</i>	<i>0,44</i>
<i>Desvio Padrão</i>	<i>11,95</i>	<i>0,70</i>	<i>0,77</i>	<i>0,12</i>

\* Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autora, (2022).

Figura 4 - Resultados gráficos (Box-Plot) da dispersão de dados para as variáveis germinação total (GT) - letra (A), índice de velocidade de emergência (IVE) – letra (B), tempo médio (TME) – letra (C) e velocidade média (VME) letra (D) de emergência de sementes de progênies de *Pinus taeda* L. em casa de vegetação, aos 35 dias.



Fonte: Autora, (2022).

Em se tratando da velocidade de emergência durante esse período, foram constatadas diferenças significativas para este índice entre as médias de algumas progênies. Para esta variável é possível constatar, embora não diferindo estatisticamente entre si, os maiores e mais positivos resultados observados foram de 4,02; 3,81 e 3,77, respectivamente como sendo os valores médios para as progênies 20, 5 e 14 (Tabela 2). A progênie 20, com IVE de 4,02, chama atenção pelo valor médio de IVE ao diferir significativamente da progênie com o mais baixo valor para este índice, que foi a progênie 13, com IVE de 1,62, esta última numa amplitude média de variação de 0,92 a 2,32 (Figura 4 B).

O tempo médio de emergência (TME) avaliado num teste de vigor germinativo de sementes e fisiológico de mudas representa, na prática, que melhores resultados são obtidos quando o tempo de emergência das plantas é o menor possível (GERBER, 2017).

No presente estudo os resultados acerca do TME foram significativamente diferentes entre algumas médias observadas, sobretudo para aquelas com menor tempo necessário para início da emergência, que foram as progênies 14 e 20, com respectivos valores médios de 1,49 e 1,53 dias. O tempo médio de emergência mais longo foi verificado para a progênie 13 (4,18 dias), que diferiu de todas as demais progênies em avaliadas (Tabela 2). A amplitude de variação desta progênie foi registrada entre 3,7 e 5,2 dias necessários para início da emergência das sementes, como mostra a Figura 4 C. Resultado semelhante foi verificado também para a progênie 17, que embora tenha uma média em torno de 3 dias para emergir, apresentou também uma ampla variação nesse TME, ou seja, variou de 2,1 a 4,4 dias para emergir.

Importante ressaltar que além das progênies 14 e 20, que apresentaram o menor tempo necessário para emergir, a progênie 5 expõe um valor médio neste mesmo patamar da 14 e 20, e todas as três são evidenciadas como sendo os resultados mais satisfatórios para a variável TME (Figura 4 C).

É chamada a atenção, novamente, para a progênie 13 em relação à sua média verificada para a velocidade de emergência (VME), que foi de somente 0,24 sementes por dia. Observou-se diferença estatística significativa da média desta variável para a grande maioria das demais médias verificadas (Tabela 2).

Como a VME é inversamente proporcional ao TMG, as progênies com a maior velocidade de emergência foram também as de número 14 (0,67 sementes por dia) e 20 (0,65 sementes por dia). Por sua vez, as médias que representam destaque como menor velocidade foram, além da 13 (0,24 sementes por dia), a progênie 4, com 0,25 sementes por dia), como mostra a Tabela 2. Para Schuch, Nedel e Assis (1999) apud Guedes et al. (2015), os processos metabólicos que ocorrem mais rapidamente proporcionam a emissão das raízes e manifestam



as maiores taxas de crescimento, e por consequência indivíduos com tamanho inicial maior, e isso corrobora com os resultados observados principalmente para as progênies 14 e 20 neste estudo.

A Figura 4 D mostra que a maior amplitude de variação é apresentada pela progênie 17 (de 0,22 a 0,48 sementes em emergência por dia). Para as demais progênies, de um modo geral, essas amplitudes foram relativamente menores.

Ainda em ambiente de casa de vegetação, aos 35 dias, as plântulas consideradas normais foram aquelas também propostas por Vieira e Buhner (2015), ou seja, a mesma classificação de plântulas adotada aos 21 dias durante germinação em BOD. Contudo, a análise de variância não apontou significância para essa variável entre as progênies testadas.

Em uma análise mais geral, na maioria das progênies verificou-se que seus indivíduos aparentavam características normais, com apenas 2 a 3 plântulas anormais observados nas progênies 2, 11 e 13, e apenas uma anormal nas de número 2; 4; 6; 10; 12; 19 e 20, haja vista que estes números de plântulas anormais estão compreendidos num total de 40 indivíduos avaliados em cada progênie.

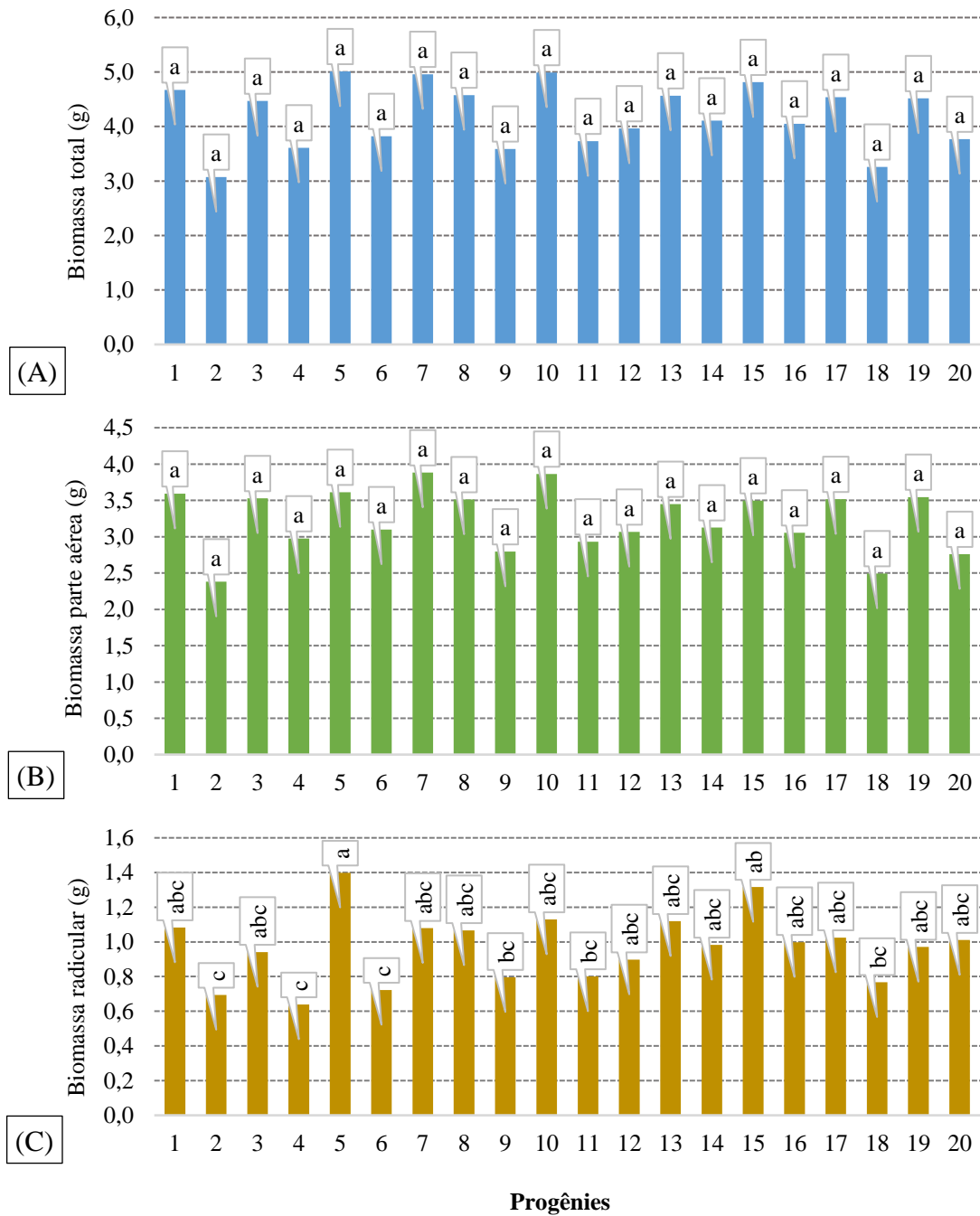
A avaliação da biomassa seca total das mudas, fracionada pelas porções aérea e radicular, foi realizada aos 200 dias após semeadura das progênies 1 a 19, mais o lote de sementes comerciais (testemunha de código “20”). Para essa variável de estudo em casa de vegetação foram utilizadas oito plantas de cada material testado, totalizando 160 mudas para a mensuração do peso seco de biomassa, em gramas.

A análise de variância apontou para uma diferença significativa entre médias apenas para a porção de biomassa seca radicular, e posterior teste de comparação de médias. Neste caso, as médias foram comparadas entre si por Tukey, a 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ).

Embora com médias gerais não significativas entre as progênies, a variável biomassa total resultou em uma variação de 3,07 a 5,01 gramas por planta (Figura 5 A), enquanto a biomassa da parte aérea variou de 2,38 a 3,88 gramas por planta (Figura 5 B). Para biomassa radicular essa variação foi de 0,64 a 1,40 gramas por planta, com médias significativas entre si, como mostra a Figura 5 C.

As progênies 2 e 18 apresentaram as menores médias de biomassa total, com 3,07 e 3,26 gramas por planta, respectivamente, mantendo essa tendência para ambas as frações estudadas, e o destaque especial para a média de biomassa total foi atribuído à progênie 5, que apresentou aproximadamente 5,0 gramas por planta (3,60 e 1,40 gramas de parte aérea e radicular, respectivamente).

Figura 5 - Valores médios\* para biomassa seca total (A), parte aérea (B) e radicular (C) de mudas de *Pinus taeda* L., durante teste de progênies em casa de vegetação, aos 200 dias após sementeira.



\* Médias seguidas de letras iguais entre as colunas gráficas não diferem entre si pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Fonte: Autora (2023).

Quando se observa a variável biomassa radicular é possível perceber, pela comparação entre médias pelo teste Tukey ( $P \leq 0,05$ ), uma diferença significativa entre as três progênes com menor peso médio de raízes (2, 4 e 6) em relação à progênie 5, como mostra a Figura 5 C. A média das médias destas 3 progênes foi de 0,91 gramas por planta de biomassa radicular, enquanto a média da progênie 5 foi 43% superior ao atingir (1,40 gramas por planta). Assim, o destaque para esta progênie 5 permanece mantido, haja vista que a média geral de todo o material testado nesta fase resultou numericamente em 0,97 em gramas por planta.

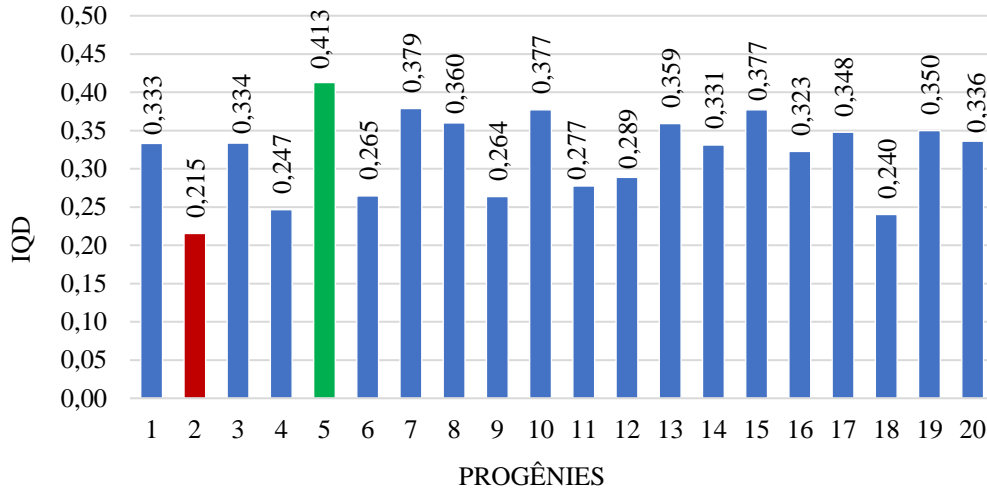
Este resultado mostra sua relevância, pois atualmente é sabido que mudas produzidas em casa de vegetação devem apresentar uma biomassa de ramos e folhas condizente, sobretudo, com uma boa arquitetura e volume radicular, assegurando o êxito em sua sobrevivência quando exposta a fatores edafoclimáticos adversos após plantio em campo. As raízes representam um componente fundamental na fase de produção de mudas em viveiro, sobretudo para a absorção e transporte de água e nutrientes, pelo crescimento da planta, embora sempre dependentes de boas condições de solo para se estabelecerem (GAITAN; PÉNON; COSTA, 2005). A disposição destas raízes após plantio em campo estará associada com a forma, distribuição e direção das raízes mais grossas, e esse fato pode estar associado a genética da planta, enquanto a biomassa de raízes finas mostra uma dependência mais voltada com as condições edáficas (Selle et al., 2010), como por exemplo a textura e estrutura do solo.

Por isso é crucial que mudas classificadas aptas ao plantio em campo apresentem boas características morfológicas e fisiológicas, e isso remete a qualidade, pois está diretamente ligado com o seu rápido crescimento, desenvolvimento e alta sobrevivência em um sítio florestal (PEZZUTTI; CALDATO, 2011).

Todas estas inferências supramencionadas podem ser representadas por meio de relações construídas matematicamente entre os valores de biomassa, altura e diâmetro do colo das mudas ainda na fase de climatização em viveiro florestal. O resultado da análise destas relações simultâneas entre si pode ser alcançado através do cálculo do índice de qualidade de Dickson (IQD), estimando-se a qualidade e aptidão das mudas antes do plantio em campo.

Deste modo, o IQD estimado para cada uma das progênes e lote comercial neste estudo é apresentado pela Figura 6, e representa a proporcionalidade a ser atingida através da relação direta entre a biomassa total produzida por uma planta e os valores de altura e diâmetro desta planta.

Figura 6 - Valores médios calculados para o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Pinus taeda* L., em casa de vegetação, aos 200 dias.



Fonte: Autora, (2023).

Podemos observar na Figura 6 que a progênie 5 apresentou uma relação entre altura, diâmetro do colo e biomassa total (IQD de 0,413) mais estável para as mudas originadas de sementes desta progênie, resultado este parcialmente já sinalizado pelos valores mais elevados observados para sua média de biomassa total (Figura 5 C). Assim, é possível constatar que a relação entre a altura e diâmetro das mudas desta progênie comportou-se de forma equilibrada entre seus indivíduos, mostrando, a priori, que seria uma progênie passível de seleção num programa de melhoramento genético de sementes, tendo em vista que as sementes são provenientes de um pomar clonal de sementes (PCS).

No atual estágio deste estudo, evidências como essa apontada para a progênie 5 já acenam para decisões mais estratégicas que poderão surgir do presente estudo, ou seja, o intuito de avaliar o vigor vegetal (tanto germinativo como de crescimento de plantas) de algumas progênies de um PCS para que, no momento oportuno, seja possível elencar as mais promissoras dentro de um processo de seleção para o melhoramento genético.

E dando sequência aos resultados alcançados nesta etapa, podemos ainda constatar que a progênie 2 se mantém como a média mais baixa para o IQD (0,22), sinalizando não haver um equilíbrio satisfatório entre as relações entre os parâmetros estimados. Para corroborar estas inferências, Fonseca et al. (2002) reforçam que o IQD é um dos melhores indicadores de qualidade de mudas, pois além do cálculo do índice levar em consideração a distribuição da biomassa na planta, os parâmetros altura e diâmetro do colo constroem o um coeficiente

chamado robustez na determinação dessa qualidade da muda (FONSECA et al., 2002), e essa qualidade é cada vez mais buscada durante o estabelecimento de povoamentos florestais, tendo em vista que as mudas se tornam árvores potenciais para produtividade florestal (BINOTTO et al., 2010).

O menor valor observado para o IQD foi na progênie 2, com índice de 0,215, e para Gomes et al., (2002), quanto menor a relação entre altura e peso de biomassa seca da parte aérea, mais lignificada é a muda e maior será sua capacidade de sobreviver a campo. Nesse sentido, os resultados de IQD para a progênie 2 e progênie 5 são respectivamente o menor (0,215) e maior (0,413) índice de qualidade das mudas, e com base nas considerações destes mesmos autores, a relação entre a altura e biomassa aérea destas duas progênies são, também respectivamente, 15,6 e 10,0, sugerindo que a progênie 5 originam mudas com maior teor de lignina e podiam, sob esta ótica, assegurar uma boa taxa de sobrevivência após o plantio no campo.

Embora a altura das mudas seja um parâmetro de fácil estimativa, não é recomendada a avaliação da qualidade de mudas levando em consideração apenas um parâmetro ou até mesmo somente uma das relações anteriormente mencionadas, pois desta forma eleva-se o risco de superestimar a qualidade de mudas e acabar selecionando mudas não resistentes (FONSECA et al., 2002).

Por fim, e encerrando a etapa 2 de avaliação do vigor fisiológico de mudas originadas das 19 progênies e do lote comercial “20”, é imprescindível e necessária a elaboração de um fluxo organizado e ponderado que pudesse congrega todos os resultados obtidos nesta e na etapa anterior de investigação (vigor germinativo em BOD). Para isso, foi construída uma tabela dinâmica para lançamento de todos as médias estimadas e seus respectivos coeficientes de variação (desvios padrão em torno da média geral observada). Com estas informações, e de forma dinâmica, foram atribuídos diferentes pesos para cada variável, em cada um dos materiais testados, visando uma espécie de “ranqueamento” que elencasse as progênies com maior destaque para uma possível e futura seleção direcionada a novos trabalhos dentro de um programa de melhoramento genético de sementes deste pomar clonal.

Com base em resultados obtidos previamente a este estudo e, com isso, somados aos resultados até aqui estimados, foi possível definir uma metodologia para o referido ranqueamento do material testado e seu respectivo desempenho científico. As variáveis adotadas nesse método são descritas na Tabela 3, e a tabela dinâmica de pontuações ponderadas para cada progênie é mostrada na Figura 7.

Tabela 3 - Variáveis auxiliares utilizadas no ponderamento de notas para progênie de *Pinus taeda* L., em que CV (coeficiente de variação, em %), BOD (câmara de germinação), EST (casa de vegetação).

Variável estimada	Peso atribuído	Variação do peso atribuído
Nº total de sem/KG (1)	Peso (1)	De 1 a 20
CV (%) Nº sem/kg (2)	Peso (2)	De 1 a 20
% SEM VIÁVEIS (3)	Peso (3)	De 1 a 18
Nº sem/KG VIÁVEIS (4)	Peso (4)	De 1 a 20
Área média da semente (cm <sup>2</sup> ) (5)	Peso (5)	De 1 a 12
Peso seco médio por cone (g) (6)	Peso (6)	De 1 a 18
CV (%) Peso seco/cone (7)	Peso (7)	De 1 a 19
BOD - IVG (plânt/dia) MÉDIA 21 dias (8)	Peso (8)	De 1 a 20
BOD - CV (%) IVG (plânt/dia) MÉDIA 21 dias (9)	Peso (9)	De 1 a 20
BOD - TMG (dias) MÉDIA 21 dias (10)	Peso (10)	De 1 a 16
BOD - CV (%) TMG (plânt/dia) MÉDIA 21 dias (11)	Peso (11)	De 1 a 20
BOD - VMG (dias) MÉDIA 21 dias (12)	Peso (12)	De 1 a 15
BOD - CV (%) VMG (plânt/dia) MÉDIA 21 dias (13)	Peso (13)	De 1 a 20
BOD - Germin Total (%) MÉDIA - 21 dias (14)	Peso (14)	De 1 a 10
BOD - CV (%) Germin Total (%) MÉDIA - 21 dias (15)	Peso (15)	De 1 a 15
BOD - Plânt NORM (%) MÉDIA - 21 dias (16)	Peso (16)	De 1 a 12
BOD - CV (%) Plânt NORM (%) MÉDIA - 21 dias (17)	Peso (17)	De 1 a 17
EST - TME (dias) 35 dias (18)	Peso (18)	De 1 a 19
EST - CV (%) TME (dias) 35 dias (19)	Peso (19)	De 1 a 20
EST - IVE 35 dias (20)	Peso (20)	De 1 a 19
EST - CV (%) IVE 35 dias (21)	Peso (21)	De 1 a 20
EST - VME (sem/dia) 35 dias (22)	Peso (22)	De 1 a 15
EST - CV (%) VME (sem/dia) 35 dias (23)	Peso (23)	De 1 a 20
EST - GERM TOTAL MÉDIA (%) 35 dias (24)	Peso (24)	De 1 a 9
EST - CV (%) GERM TOTAL MÉDIA (%) 35 dias (25)	Peso (25)	De 1 a 14
EST - PLÂNT NORM MÉDIA (%) 35 dias (26)	Peso (26)	De 1 a 14
EST - CV (%) PLÂNT NORM MÉDIA (%) 35 dias (27)	Peso (27)	De 1 a 18
EST - H MÉDIA (cm) 160 dias (28)	Peso (28)	De 1 a 19
EST - CV (%) H MÉDIA (cm) 160 dias (29)	Peso (29)	De 1 a 20
EST - DC MÉDIO (mm) 160 dias (30)	Peso (30)	De 1 a 19
EST - CV (%) DC MÉDIO (mm) 160 dias (31)	Peso (31)	De 1 a 20
EST - BST (g) 200 dias (32)	Peso (32)	De 1 a 20
EST - CV (%) BST (g) 200 dias (33)	Peso (33)	De 1 a 20
EST - BA (g) 200 dias (34)	Peso (34)	De 1 a 20
EST - CV (%) BA (g) 200 dias (35)	Peso (35)	De 1 a 20
EST - BR (g) 200 dias (36)	Peso (36)	De 1 a 18
EST - CV (%) BR (g) 200 dias (37)	Peso (37)	De 1 a 20
EST - IQD MÉDIO 200 dias (38)	Peso (38)	De 1 a 13

Fonte: Autora (2023).

Figura 7 - Variáveis auxiliares (médias gerais e respectivos coeficientes de variação) na elaboração de uma tabela dinâmica para ranqueamento e pontuação máxima para cada progênie de *Pinus taeda* L, bem como para o lote de sementes comerciais (código “20”), através de resultados obtidos nas etapas 1 e 2 do presente estudo.

Código Progênie	Nº total de sem/KG (1)	Peso (1)		CV (%) Nº sem/kg (2)	Peso (2)		BOD - Germín Total (%) MÉDIA - 21 dias (14)	Peso (14)		BOD - CV (%) Germín Total (%) MÉDIA - 21 dias (15)	Peso (15)		EST - BR (g) 200 dias (36)	Peso (36)		EST - CV (%) BR (g) 200 dias (37)	Peso (37)		IQD MÉDIO 200 dias (38)	Peso (38)		Ranking de pontuação
		De 1 a 20	De 1 a 20		De 1 a 10	De 1 a 15		De 1 a 18	De 1 a 20		De 1 a 13	De 1 a 13										
1	28399	4	2,32	19			96,00	7	3,40	12			1,08	14	45,24	5	0,33	8	334			
2	48426	16	5,15	5			82,00	2	6,30	6			0,69	2	44,74	6	0,22	1	211			
3	34291	7	3,33	12			99,00	9	2,02	14			0,94	7	47,55	4	0,33	8	405			
4	46539	13	5,28	4			100,00	10	0,00	15			0,64	1	26,20	12	0,25	3	353			
5	26446	1	3,74	9			94,00	5	5,49	8			1,40	18	28,68	11	0,41	13	393			
6	32077	5	1,70	20			97,00	8	2,06	13			0,72	3	60,42	1	0,26	4	345			
7	43764	11	3,17	14			100,00	10	0,00	15			1,08	14	20,74	17	0,38	12	441			
8	44494	12	3,92	8			96,00	7	5,89	7			1,07	13	22,51	15	0,36	11	465			
9	49720	18	2,94	15			97,00	8	2,06	13			0,80	5	25,07	13	0,26	4	350			
10	49200	17	7,01	2			87,00	3	13,21	1			1,13	16	34,36	10	0,38	12	357			
11	33941	6	3,38	11			99,00	9	2,02	14			0,80	5	47,60	3	0,28	5	341			
12	53800	20	3,68	10			100,00	10	0,00	15			0,90	6	49,25	2	0,29	6	363			
13	46620	14	2,80	16			91,00	4	4,21	10			1,12	15	18,51	18	0,36	11	377			
14	27913	3	2,67	17			95,00	6	5,30	9			0,98	9	37,10	8	0,33	8	367			
15	26846	2	2,55	18			97,00	8	3,95	11			1,32	17	16,16	19	0,38	12	459			
16	53619	19	3,28	13			96,00	7	8,33	4			1,00	10	21,33	16	0,32	7	368			
17	48077	15	4,09	7			78,00	1	8,88	3			1,03	12	24,22	14	0,35	10	292			
18	39742	9	9,29	1			95,00	6	6,32	5			0,77	4	35,42	9	0,24	2	326			
19	34919	8	5,63	3			95,00	6	10,53	2			0,97	8	15,22	20	0,35	10	333			
20	40820	10	4,10	6			99,00	9	2,02	14			1,01	11	39,65	7	0,34	9	350			

Fonte: Autora (2023).

O processamento dos dados após dinamização das 38 variáveis ponderadas foi a pontuação geral alcançada, de forma independente, para as 19 progênies e também para o lote de sementes comerciais considerado testemunha (código 20), como mostra a Tabela 4.

Essa pontuação final representa, na prática, o devido desempenho individualizado de cada material investigado nas etapas 1 e 2 do presente estudo e permite evidenciar qual o material mais propenso a ser selecionado para futuras etapas em um programa de melhoramento genético de sementes.

Tabela 4 - Resultado do ranqueamento ponderado que identifica o potencial de ganho genético através da seleção de progênies de *Pinus taeda* L. procedentes de pomar clonal de sementes (PCS) de 1ª geração da empresa Adami S/A, Caçador (SC), Brasil, 2023.

Código da Progênie	Pontuação Ponderada Individual (PPI)	Posição final no ranqueamento
8	465	1º
15	459	2º
7	441	3º
3	405	4º
5	393	5º
13	377	6º
16	368	7º
14	367	8º
12	363	9º
10	357	10º
4	353	11º
9	350	12º
20 (testemunha)	350	13º
6	345	14º
11	341	15º
1	334	16º
19	333	17º
18	326	18º
17	292	19º
2	211	20º

Fonte: Autora (2023).

Como resultado geral do procedimento de ponderamento do desempenho geral das progênies sob cada uma das 38 variáveis aplicadas, e considerando uma intensidade de seleção inicial de 1:2 (0,50) em uma próxima etapa do melhoramento das sementes desse pomar clonal,



seriam promissoras para este fim 10 primeiras progênies sinalizadas na Tabela 4, todas estas respeitando a sequência da pontuação final e individual alcançada.

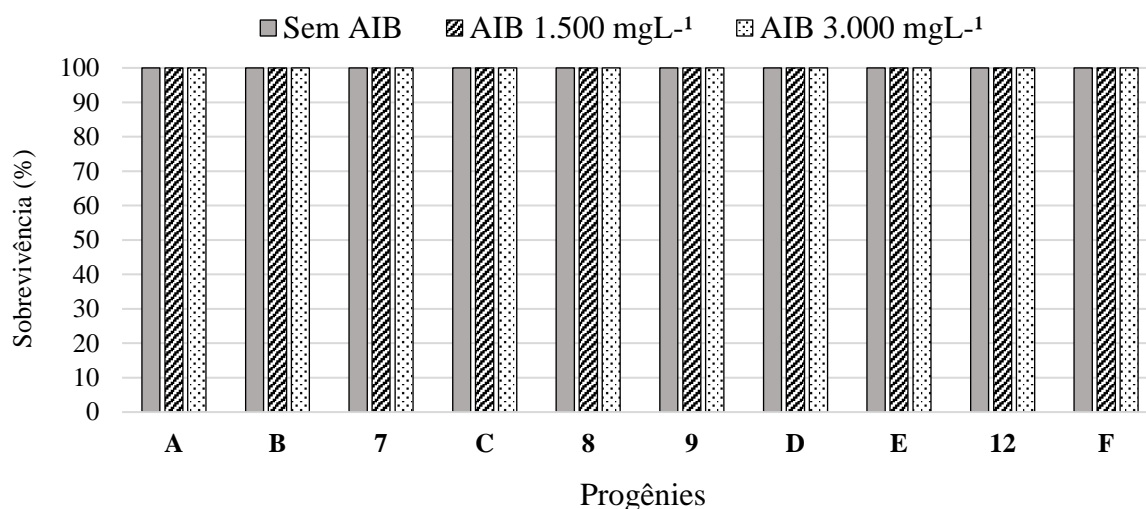
### 5.3 MINIESTAQUIA

A terceira etapa do estudo foi conduzida em ambiente de jardim clonal suspenso, através de mudas submetidas à poda de formação para minicepas visando a rebrota para coleta de miniestacas.

Ao final de 14 dias de instalação do teste que investigava o efeito da aplicação de AIB na indução ao enraizamento de miniestacas de *P. taeda*, as avaliações realizadas nessa etapa foram somente acerca do percentual de sobrevivência e da porcentagem de miniestacas que apresentavam o ápice de coloração amarelada.

Foi possível observar que a sobrevivência até o período avaliado foi de 100% das miniestacas, em todos os tratamentos e progênies em teste (Figura 8).

Figura 8 - Sobrevivência média de miniestacas de 10 progênies de *Pinus taeda* L., provenientes de pomar clonal de sementes (PCS), aos 14 dias.



Fonte: Autora (2023).

Contudo, é natural a constatação para médias de sobrevivência ainda aos 14 dias, visto que a espécie é uma conífera e, por sua vez, espécies gimnospermas tendem a ser mais tolerantes e resistentes a estresses abióticos, como por exemplo a disponibilidade hídrica. Soma-se a essa integralidade do material genético sobrevivente o fato de que as miniestacas estavam

em ambiente de estufa climatizada automatizada, com controle absoluto de temperatura e umidade relativa do ar.

Em relação aos efeitos da aplicação de AIB sobre a capacidade de enraizamento de miniestacas das progênies *Pinus taeda*, os resultados são ainda inexistentes devido ao curto espaço de teste entre a instalação e o atual estágio de avaliações no presente estudo. A justificativa para isso foi a constatação de um maior tempo para o desenvolvimento das brotações após a poda de formação das mudas no jardim clonal. Contudo, é importante saber que estudos de miniestaquia já desenvolvidos em coníferas, como por exemplo um deles que foi conduzido por Pires, Wendling e Brondani (2013), que ao avaliarem a espécie *Araucaria angustifolia* constataram uma percentagem de 50% de sobrevivência das miniestacas quando tratadas com diferentes doses de AIB. Estudo como este, e todos os demais relacionados a essa temática, serão de grande valia na elucidação dos resultados futuros quanto à sobrevivência e enraizamento de miniestacas em andamento nesta fase do presente estudo.

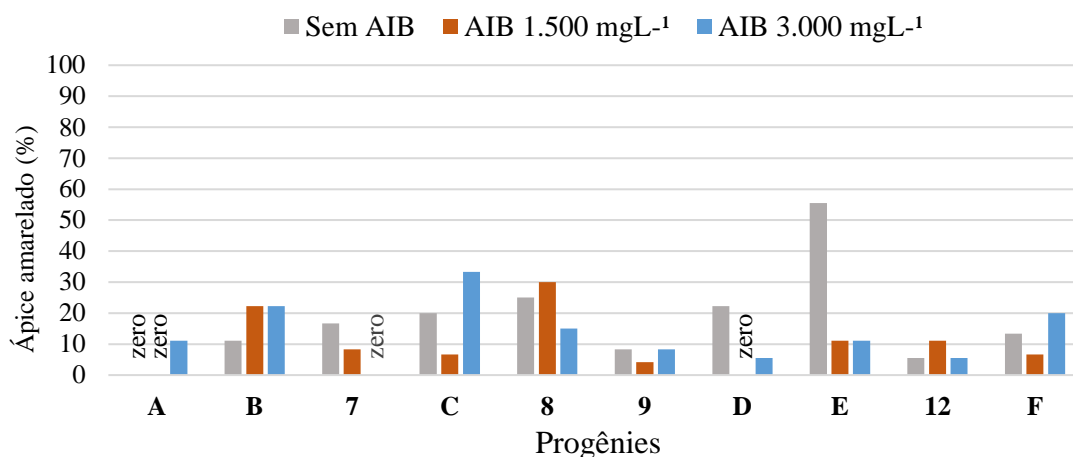
Uma observação que merece atenção, embora de natureza ainda preliminar, foi que entre o sétimo e o 15º dia de monitoramento das miniestacas na estufa climatizada o ápice caulinar em algumas progênies já apresentavam acículas parcialmente amareladas, e esse fato serviu como evidência para possíveis casos de mortalidade que poderão ser observadas nas avaliações de enraizamento (ou formação de calo) que serão aos 30; 60 e 90 dias após instalação deste estudo. Entretanto, estas observações foram computadas e analisadas no sentido de se entender se essa suposta necrose apical poderia ser já um efeito antecipado dos tratamentos das miniestacas com AIB (1500 e 3000 mg L<sup>-1</sup>), haja vista que foram soluções hidroalcoólicas, e isso poderia ter sido prejudicial às miniestacas pela exposição de tempo (30 segundos).

Ao se considerar os tratamentos de AIB em cada uma das progênies testadas nessa terceira etapa do estudo, a Figura 9 mostra os resultados preliminares cômputo percentual de miniestacas que apresentaram ápices caulinares com coloração amareladas aos 15 dias de instalação do teste de enraizamento.

Antecipadamente aos futuros resultados a serem alcançados neste estudo, é conveniente sabermos que Alcantara et al., (2008), ao estudarem os efeitos de AIB no enraizamento de miniestacas de *P. taeda*, constataram que a utilização do AIB na dose foi de 1.000 mg L<sup>-1</sup> reduziu a taxa de sobrevivência, enquanto miniestacas não submetidas à aplicação desse fitorregulador apresentaram um percentual de sobrevivência mais elevado. Os autores concluíam, nesse mesmo estudo, que a utilização do AIB resultou na redução também no percentual de enraizamento das miniestacas, sugerindo a utilização de uma fonte de auxina

exógena não se faz necessário ao enraizamento de *P. taeda*, e que as estações do ano mais recomendadas para coleta de miniestacas desta espécie florestal são o verão e a primavera.

Figura 9 - Percentuais médios de miniestacas com ápices caulinares com coloração amarelada nas 10 progênies de *Pinus taeda* L, aos 15 dias após instalação do teste em estufa climatizada.



Fonte: Autora (2023).

Embora possa ser uma constatação relativamente antecipada, percebe-se que tanto miniestacas com ausência de AIB como miniestacas submetidas à aplicação de 1500 e 3000 mg L<sup>-1</sup> dessa auxina não apresentam um padrão claro sobre a possibilidade de ser um efeito prejudicial, pelo menos aos 15 dias em que foram avaliadas. Novas avaliações deste estudo poderão elucidar essa questão.

Outro estudo de Alcantara et al., (2007) relata que o enraizamento de mudas de *P. taeda* de diferentes idades e em diferentes estações do ano resultou em porcentagens de enraizamento acima de 60% no período do verão, porém utilizando mudas jovens de apenas 2 meses. As mudas das progênies utilizadas no estudo dessa etapa 3 foram coletadas também na primavera, porém com idade de 13 meses, o que poderá repercutir em resultados não semelhantes aos encontrados pelos autores supracitados.

Em síntese, as avaliações realizadas até o momento mostram resultados ainda incipientes e não passíveis de discussões mais robustas. São necessárias ainda as avaliações que foram programadas para períodos posteriores ao apresentado nessa etapa 3 do estudo, sobretudo frente a obtenção de resultados específicos acerca da predisposição e/ou potencial ao enraizamento de miniestacas das dessas progênies de *P. taeda* em teste.

## 6 CONCLUSÕES

No decorrer das três etapas desenvolvidas no presente estudo o vigor germinativo e fisiológico de sementes e mudas, e a predisposição de miniestacas ao enraizamento de diferentes progênies de *Pinus taeda* L., é possível concluir que:

Quando avaliado em condições de controle absoluto de temperatura, umidade relativa e fotoperíodo, o vigor germinativo de sementes foi considerado satisfatório para todas as progênies avaliadas em câmara do tipo BOD (incluindo o lote testemunha), tendo em vista que a média geral foi de 94,6% de germinação total e 92,5% das plântulas originadas foram normais. Contudo, merecem destaque para o vigor germinativo as progênies 4, 7 e 12, que apresentaram geminação total de 100%.

Os parâmetros estimados para índice de velocidade (IVG), tempo médio (TMG) e velocidade média de germinação (VMG) de sementes assumiram ampla variação entre as progênies, com os melhores resultados para as progênies 3, 1 e 8, respectivamente, enquanto as progênies 17, 19 e novamente a 19 mostraram desempenho consideravelmente inferior em tais parâmetros.

Ao serem estudadas as mesmas progênies em casa de vegetação (ambiente parcialmente controlado), a média geral de germinação total do mesmo material genético testado baixou para 87,3%, com registro de um desvio padrão de 11,9%, ligeiramente superior ao verificado em BOD (7,4%), com quase totalidade das plântulas normais. Nessa etapa, os melhores desempenhos para germinação total, IVE, TME e VME estiveram representados pelas progênies 6, lote testemunha 20, 14 e novamente a 14, respectivamente.

Entre o período de 35 a 200 dias de monitoramento do vigor fisiológico das mudas, foram avaliadas, dentre outras, a variável IDQ (índice de Qualidade de Dickson), que traduz a qualidade e robustez de plantas levando em consideração a altura, diâmetro e a biomassa seca. As mudas com maior e menor IDQ foram registradas nas progênies 5 e 2, respectivamente, enquanto o desempenho geral para o restante do material assumira valores em torno da média geral.

Quando avaliadas conjuntamente, todas as variáveis estimadas receberam notas ponderadas, que resultaram no ranqueamento geral para futura seleção genética para sementes das matrizes testadas. Do total de progênies testadas (inclusive o lote testemunha), o elenco de progênies selecionadas ( $i=0,50$ ) para um futuro programa de melhoramento genético de

sementes seriam, na sequência da 1ª à 10ª posição do ranking, as de número 8; 15; 7; 3; 5; 13; 16; 14; 12 e 10.

A porcentagem de sobrevivência das miniestacas foi de 100% em todo o material genético testado (progênies e lote testemunha), registrada aos 15 dias após instalação deste estudo na etapa 3. Foi também registrado nesse período a presença de acículas amareladas no ápice caulinar das miniestacas, porém os resultados são ainda inconclusos nesse sentido.

Da mesma forma seria precipitado concluir sobre os resultados de clonagem de progênies de *Pinus taeda* L. por miniestaquia, dado ao tempo relativamente curto de avaliação até o momento de finalização do presente documento. O trabalho investigativo nesta terceira etapa do estudo será contínuo até que se obtenha resultados mais consistentes para as conclusões pertinentes ao tema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. V. D. *et al.* **Programa de melhoramento de pinus da Embrapa Florestas**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

ALCANTARA, G. B. D. *et al.* Efeito da idade da muda e da estação do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L.. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 399-404, fev./2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/msPPgsw7Kq3Bw6HXDdVCqyk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 5 fev. 2022.

ALCANTARA G. B. D. *et al.* Efeitos do ácido indolilbutírico (AIB) e da coleta de brotações em diferentes estações do ano no enraizamento de miniestacas de *Pinus taeda* L. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 78, p. 151-156, jun./2008. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr78/cap07.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2022.

ANDREJOW, G. M. P. MINIJARDIM CLONAL DE *Pinus taeda* L.. **Acervo Digital da UFPR**, CuritibaA, v. 1, n. 1, p. 2-92, jul./2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/4403>. Acesso em: 22 nov. 2021.

BIANCHETTI, Arnaldo; YOKOMIZO, Gilberto Ken-iti. Avaliação do Envelhecimento Acelerado do *Pinus taeda* L. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento - Embrapa Amapá**, Macapá, v. 1, n. 1, p. 1-13, dez./2003. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1105259/avaliacao-do-envelhecimento-acelerado-em-pinus-taeda>. Acesso em: 26 nov. 2021.

BINOTTO, Alexandre Francisco; LÚCIO, A. D. C; LOPES, Sidinei José. CORRELATIONS BETWEEN GROWTH VARIABLES AND...457 THE DICKSON QUALITY INDEX IN FOREST SEEDLINGS. **Cerne**, Lavras - MG, v. 16, n. 4, p. 457-464, jul./2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>. Acesso em: 29 dez. 2022.

CANCELA, Kelly Cristina. INFLUÊNCIA DA FAMÍLIA E DO TAMANHO DA SEMENTE DE *Pinus taeda* L. NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO LOTE DE SEMENTES, PERFORMANCE DA MUDA EM VIVEIRO E EM CAMPO. **Acervo Digital da UFPR**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 14-132, jun./2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/14431>. Acesso em: 24 nov. 2021.

DIAS, et al. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 453-462, dez./2012. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/945853/1/PFBEstaquia.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

FERREIRA, Arnaldo Riberiro. Análise genética e seleção em testes dialélicos de *Pinus taeda* L.. **Acervo Digital da UFPR**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 1-196, mai./2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/13944>. Acesso em: 23 nov. 2021.

FERRIANI *et al.* Miniestaquia aplicada a espécies florestais. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p. 102-109, dez./2010. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/877219/1/APIIvar.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2022.

FILHO, Estefano Paludzyszyn; FERNANDES, J. S. C; RESENDE, M. D. V. D. Avaliação e seleção precoce para crescimento de *Pinus taeda* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1719-1726, dez./2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/bHZMp6PnJB3Y5ymw4X4sBMF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 dez. 2021.

FILHO, Estefano Paludzyszyn; MORA, Admir Lopes; MAESTRI, Romualdo. Interação de genótipos de *Pinus Taeda* L. com locais no sul-sudeste do Brasil. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 90-100, jul./2001. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74470108>. Acesso em: 12 dez. 2021.

FLORIANO, Eduardo Pagel. GERMINAÇÃO E DORMÊNCIA DE SEMENTES FLORESTAIS. ASSOCIAÇÃO DE PESQUISA, EDUCAÇÃO E PROTEÇÃO AMBIENTAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Santa Rosa, v. 2, n. 1, p. 1-19, abr./2004. Disponível em: <http://files.engflorestal.webnode.com.br/200000012-72bd573b79/Germina%C3%A7%C3%A3o%20e%20Dorm%C3%Aancia%20de%20sementes%20florestais.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2021.

FONSECA, S. M. D; KAGEYAMA, Paulo Yoshio. BASES GENÉTICAS E METODOLOGIA PARA SELEÇÃO DE ÁRVORES SUPERIORES DE *Pinus taeda* L. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, São Paulo, v. 4, n. 17, p. 35-59, dez./1978. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr17/cap04.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2021.

FONSECA, É. D. P. *et al.* PADRÃO DE QUALIDADE DE MUDAS DE *Trema micrantha* (L.) Blume, PRODUZIDAS SOB DIFERENTES PERÍODOS DE SOMBREAMENTO1. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 26, n. 4, p. 515-523, jun./2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/BNYqFjJTqcyx3cpjPfxPQgL/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2022

GAITÁN, Juan José; PENÓN, Eduardo Augusto; COSTA, María Cristina. DISTRIBUIÇÃO DE RAÍZES FINAS DE *Eucalyptus globulus ssp.* E SUA RELAÇÃO COM ALGUMAS PROPRIEDADES DO SOLO. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 15, n. 1, p. 33-41, mar./2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1822/1086>. Acesso em: 29 dez. 2022

GERBER, Dionatan. VARIABILIDADE GENÉTICA PARA CARACTERES JUVENIS DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Araucaria angustifolia* (Bertol.): SUBSÍDIO PARA FORMAÇÃO DE POMARES DE SEMENTES. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal**, Dois Vizinhos - PR, v. 1, n. 1, p. 15-61, jun./2017. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/10953>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GOLLE, Diego Pascoal. Germinação in vitro de *Pinus taeda* L. a partir de sementes selecionadas. **Coral UFSM**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 7-91, fev./2007. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/germoplasma/media/526165d5b9e2f.pdf>. Acesso em: 13 dez. 2021.

GOMES, J. M. *et al.* PARÂMETROS MORFOLÓGICOS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 26, n. 6, p. 655-664, dez./2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/cCfXhbwHwJ4LLmFpXZJfH6x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2022.

GUEDES, R. S. *et al.* GERMINAÇÃO E VIGOR DE SEMENTES DE *Apeiba tibourbou* SUBMETIDAS AO ESTRESSE HÍDRICO E DIFERENTES TEMPERATURAS. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 23, n. 1, p. 45-53, mar./2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050988438>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GUEDES, R. S. *et al.* Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina - PR, v. 36, n. 4, p. 2373-2382, ago./2015. Disponível em: [https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/14902/pdf\\_771](https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/14902/pdf_771). Acesso em: 27 nov. 2022.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual 2022**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-anual-iba2022-compactado.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KIBBLER *et al.* Adventitious root formation in cuttings of *Backhousia citriodora* F. Muell 2. Seasonal influences of temperature, rainfall, flowering and auxins on the stock plant. **Scientia Horticulturae**, Netherlands, v. 102, n. 3, p. 343-358, jan./2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2004.02.007>. Acesso em: 5 fev. 2022.

LIMA, C. R. D. *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de diferentes árvores matrizes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza - CE, v. 45, n. 2, p. 370-378, jun./2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000200019>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MARTINEZ, D. T. *et al.* ESTUDO DA INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE EM PROGÊNIES DE *Pinus taeda* POR MEIO DA ANÁLISE DE PARÂMETROS GENÉTICOS. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 539-552, ago./2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v42i3.20115>. Acesso em: 18 nov. 2021.

MEDEIROS, G. I. B. D; FLORINDO, Thiago José. Melhoramento genético de *Pinus* no Brasil: Implicações socioeconômicas e ambientais. **Revista Espacios**, Porto Alegre, v. 38, n. 28, p. 4-11, jan./2017. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a17v38n28/17382804.html>. Acesso em: 7 dez. 2021.

MOREIRA, Juliana Prado. PRODUTIVIDADE, ESTABILIDADE, ADAPTABILIDADE E DIVERSIDADE GENÉTICA EM TESTES DE PROGÊNIES DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus tecunumanii*. **Repositório Institucional UNESP**, Ilha Solteira, v. 1, n. 1, p. 10-64, ago./2017. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152530/moreira\\_jp\\_dr\\_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152530/moreira_jp_dr_ilha.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 9 dez. 2021.



OLIVEIRA, Karla Fernanda; NOGUEIRA, Antonio Carlos; HIGA, Antonio Rioyei. PRODUTIVIDADE DE CONES E SEMENTES EM UM POMAR CLONAL DE *PINUS TAEDA* L. **Advances in Forestry Science**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 293-298, jun./2018. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/5278>. Acesso em: 18 nov. 2021.

PEZZUTTI, Raúl Vicente; CALDATO, Silvana Lucia. SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE *Pinus taeda* L. COM DIFERENTES DIÂMETROS DO COLO. **Ciência Florestal**, Santa Maria - RS, v. 21, n. 2, p. 355-362, jun./2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/JGVCY8Wg5s4yWsKGWTKxps/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 29 dez. 2022.

PIRES, Patricia Pereira; WENDLING, Ivar; BRONDANI, Gilvano. ÁCIDO INDOLBUTÍRICO E ORTOTROPISMO NA MINIESTAQUIA DE *Araucaria angustifolia* L. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 37, n. 3, p. 393-399, mai./2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000300002>. Acesso em: 9 jan. 2023.

REVISTA DA MADEIRA. **Produção de sementes geneticamente melhoradas de Pinus**. Disponível em: [http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1538&subject=Se](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1538&subject=Se). Acesso em: 24 nov. 2021.

SAAVEDRA, C. L. P. Efecto de la endogamia em el vigor de semillas y plantas de *Pinus radiata* D. Don , en progenies com diferente tipo de polinizacion. **Departamento de Silvicultura - Universidad de Concepcion**, Concepcion - Chile, v. 1, n. 1, p. 1-75, mai./1997. Disponível em: <http://repositorio.udec.cl/xmlui/handle/11594/7928?locale-attribute=en#:~:text=En%20condiciones%20de%20terreno%20la,de%20plantas%20de%20polinizaci%C3%B3n%20cruzada..> Acesso em: 27 nov. 2022

SARTORI, Paulo Aldrovandi. ESTUDO SOBRE A EVOLUÇÃO DA ÁREA PLANTADA DE *EUCALIPTO* E *PINUS* NO BRASIL. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA FLORESTAL**, Garça, v. 6, n. 11, p. 7-38, fev./2008. Disponível em: [http://faef.revista.inf.br/imagens\\_arquivos/arquivos\\_destaque/1JysJVYsBKvWIEm\\_2013-4-29-9-7-5.pdf](http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/1JysJVYsBKvWIEm_2013-4-29-9-7-5.pdf). Acesso em: 12 dez. 2021.

SELLE, G. L. *et al.* Biomassa radicular, densidade do solo e análise química do solo de um povoamento de *Pinus* sp.. **Ambiência**, Guarapuava - PR, v. 6, n. 1, p. 61-74, mai./2010. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/975/983>. Acesso em: 29 dez. 2022.

SHIMIZU, Jarbas Yukio. *et al.* **Pinus na Silvicultura Brasileira**. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 15-207.

VIEIRA, E. S. N; BUHRER., C. D. B. Interpretação do teste de germinação de sementes de *Pinus taeda*. **Embrapa** , Colombo - PR, v. 1, n. 1, p. 1-4, out./2015. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1026895>. Acesso em: 6 dez. 2021.