

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E MEIO AMBIENTE
ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

FERNANDO ABREU RODRIGUES

**AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E
ENERGÉTICA DE UMA CÂMARA GERMINATIVA
DE BAIXO CUSTO**

**UNIVERSIDADE
FEDERAL
FLUMINENSE**



Niterói

2020

FERNANDO ABREU RODRIGUES

AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE UMA CÂMARA
GERMINATIVA DE BAIXO CUSTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola e Ambiental, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador (a):
Prof. Dr. Marcos Alexandre Teixeira

Niterói

2020

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Engenharia e
Instituto de Computação da UFF**

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

R696a Rodrigues, Fernando Abreu
AVALIAÇÃO TÉCNICA, ECONÔMICA E ENERGÉTICA DE UMA CÂMARA
GERMINATIVA DE BAIXO CUSTO / Fernando Abreu Rodrigues ; Marcos
Alexandre Teixeira, orientador. Niterói, 2020.
52 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Agrícola e Ambiental)-Universidade Federal Fluminense, Escola
de Engenharia, Niterói, 2020.

1. Germinação. 2. Germinador de Câmara. 3. Teste de
Vigor. 4. Avaliação Energética. 5. Produção intelectual.
I. Teixeira, Marcos Alexandre, orientador. II. Universidade
Federal Fluminense. Escola de Engenharia. III. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Sandra Lopes Coelho - CRB7/3389

FERNANDO ABREU RODRIGUES

AVALIAÇÃO TÉCNICA E ECONÔMICA DE UMA CÂMARA GERMINATIVA DE
BAIXO CUSTO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Curso de Engenharia Agrícola e
Ambiental, da Universidade Federal
Fluminense, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Agrícola e Ambiental.

Aprovada em 10 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Marcos Alexandre Teixeira, Orientador, DSc – UFF.



Profª Roberta Jimenez de Almeida Rigueira, DSc – UFF



Prof. Ricardo Abranches Felix Cardoso Júnior, DSc – UFF

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por me apoiarem e me proporcionarem essa oportunidade, por estarem comigo nos momentos de dificuldade e pela compreensão que tiveram ao longo dessa etapa.

Agradeço ao corpo de professores da Engenharia Agrícola e Ambiental, que me auxiliaram no desenvolvimento como engenheiro durante esses anos.

Aos meus colegas e amigos, caminhamos essa trajetória juntos, compartilhando conhecimentos e experiências.

À professora Roberta Rigueira, pelos auxílios e o amadurecimento da ideia que originou esse trabalho, assim como disponibilizar o Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita e Processamento de Produtos Agrícolas execução de alguns das etapas desse trabalho.

Ao professor e orientador Marcos Texeira, que disponibilizou o seu tempo e aceitou o desafio de me orientar, auxiliando e apresentando as ferramentas necessárias para concepção desse trabalho.

Agradeço ao meu colega e amigo, Pedro Peçanha, por disponibilizar a Câmara Germinativa de Baixo Custo, troca de conhecimento e os incentivos para realização dessa pesquisa.

Por fim, agradeço a Luísa Gilson e a sua família, por me apoiarem e estarem ao meu lado durante os momentos bons e ruins, a eles exponho minha gratidão.

RESUMO

Esse trabalho visa a realização e comparação de testes de germinação e fisiológicos das espécies *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urograndis*, utilizando uma câmara germinativa de baixo custo e avaliar a sua efetividade técnica em relação a um congênere do mercado. O trabalho foi dividido em duas etapas, a primeira foi a realização do teste de germinação para 3 temperaturas (17,5°, 25° e 30°C) e 3 graus de encharcamento (1,0; 2,25; 3,0 vezes o peso do substrato). Sob as mesmas condições do teste de germinação, também foram avaliadas o índice de velocidade de germinação, velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de germinação. Na segunda etapa do trabalho foi verificado a viabilidade econômica da câmara germinativa, com uma análise econômica e financeira, em comparação a uma câmara germinativa de mercado. Ao comparar os resultados da germinação o lote de *E. grandis* apresentou maior desempenho do que o lote de *E. urograndis* em todos os tratamentos aplicados. Na temperatura de 17,5°C, ambos os lotes apresentaram menor desempenho, quando comparados as outras temperaturas. A análise econômica indica que a câmara germinativa de mercado possui um custo 20% menor, quando comparado com a de baixo custo. Já a análise financeira aponta a câmara germinativa de baixo custo, com custo 3% menor, não há diferença significativa em relação a seu congênere. Portanto, financeiramente não há diferença entre operar com a câmara germinativa de baixo custo ou operar com a câmara germinativa de mercado.

PALAVRAS – CHAVE: Germinador de Câmara, Germinação, Qualidade fisiológica, Energia, *Eucalyptus*.

ABSTRACT

This work aims to carry out and compare germination and physiological tests of the species *Eucalyptus grandis* and *Eucalyptus urograndis*, using a low-cost germination chamber and to evaluate its technical effectiveness in relation to a industrialized counterpart. The work was divided into two stages, the first one being the germination test at three temperatures (17.5 °, 25 ° and 30 ° C) and three different humidity (1.0; 2.25; 3.0 times the substrate weight). Under the same conditions as the germination test, the germination speed index, germination speed and germination speed coefficient were also evaluated. In the second stage of the work, the economic viability of the germination chamber was verified, with an economic and financial analysis, in comparison to a business-as-usual germination chamber. When comparing the results of germination, the *E. grandis* lot showed higher performance than the *E. urograndis* lot in all applied treatments. At the temperature of 17.5 ° C, both batches showed lower performance when compared to other temperatures. The economic analysis indicates that the business-as-usual germination chamber has a 20% lower cost, when compared to the low-cost one. The financial analysis points to a 3% lower cost of the low-cost germination chamber, with no significant difference in relation to its counterpart. Therefore, financially, there is no difference between operating with the low-cost germination chamber or operating with the store bought one.

KEY WORDS: Germination chamber, Germination, Physiological Quality, Energy, *Eucalyptus*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Câmara germinativa de baixo custo.....	23
Figura 2 - Exemplo de disposição dos experimentos.	25
Figura 3 - Exemplo de distribuição para germinação de sementes em substrato papel.	26
Figura 4 - Exemplo de plântula normal.....	27
Figura 5 - Exemplo de germinação de sementes <i>E. grandis</i> em substrato papel	33
Figura 6 - Exemplo de germinação de sementes <i>E. urograndis</i> em substrato papel	33
Figura 7 - Gráfico germinação e índice de velocidade de germinação de <i>E. grandis</i> para médias de temperaturas 17,5°, 25° e 30°C para umidades de papel em 1,0x, 2,25x e 3,0x o peso do papel	36
Figura 8- Gráfico germinação e índice de velocidade germinação de <i>E. urograndis</i> para médias de temperaturas 17,5°, 25° e 30°C para umidades de papel em 1,0x, 2,25x e 3,0x o peso do papel	36
Figura 9 -Croqui da câmara germinativa de baixo custo	49

LISTA DE QUADROS OU TABELAS

Tabela 1 - Fator Médio Mensal de 2019 e 2020 (KgCO ₂ /MWh).....	29
Tabela 2 – Número de plântulas normais nos testes de Germinação de E. grandis.....	31
Tabela 3 - Número de plântulas normais nos teste de Germinação E. urograndis	31
Tabela 4 - Validação teste de germinação E. grandis	32
Tabela 5- Validação teste de germinação E. urograndis	32
Tabela 6 - Resumo de análise de variância de sementes de E. grandis para temperaturas e umidades diferentes.....	34
Tabela 7 - Resumo de análise de variância de sementes de E. urograndis para temperaturas e umidades diferentes	34
Tabela 8 - Germinação, índice de velocidade de germinação, velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de germinação de sementes de E. grandis.....	35
Tabela 9 - Germinação, índice de velocidade de germinação, velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de germinação para sementes de E. urograndis	35
Tabela 10 - Consumo de água e energia para cada espécie testada em germinadora de baixo custo.....	37
Tabela 11 - Consumo de energia para cada espécie testada em germinadora do mercado	37
Tabela 12 - Quantidade de gás carbônico equivalente.....	38
Tabela 13 - Total de CO ₂ equivalente câmara germinativa de baixo custo por repetição. ..	38
Tabela 14 - Total de CO ₂ equivalente câmara germinativa do mercado por repetição.....	39
Tabela 15 - Comparativo câmara germinativa de baixo custo e de mercado por ensaio para todo o experimento de germinação, realizado, de E. grandis.	39
Tabela 16 - Comparativo câmara germinativa de baixo custo e do mercado por repetição de E. grandis.....	40
Tabela 17 - Análise financeira câmara germinativa de baixo custo	40
Tabela 18 - Análise financeira câmara germinativa de mercado	41
Tabela 19 - Comparativo custo por amostra no ano câmara germinativa de baixo custo e do mercado.....	41
Tabela 20 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre germinação de sementes de E. grandis.....	51
Tabela 21 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre índice de velocidade de germinação de sementes de E. grandis	51
Tabela 22 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre velocidade de germinação de sementes de E. grandis	51
Tabela 23 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre coeficiente de velocidade de germinação de sementes de E. grandis	51
Tabela 24 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre germinação de sementes de E. urograndis	52
Tabela 25 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre índice de velocidade de germinação de sementes de E. urograndis	52
Tabela 26 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre velocidade de germinação de sementes de E. urograndis	52
Tabela 27 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre coeficiente de velocidade de germinação de sementes de E. urograndis	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRATES – Associação Brasileira de Tecnologias

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

AOSA – *Association of Official Seed Analysts* (em português: Associação de Analistas Oficiais de Sementes)

CGLA – Coordenação Geral de Apoio Laboratorial

CVG – Coeficiente de Velocidade de Germinação

IBA – Indústria Brasileira de Árvores

ISTA – *International Seed Testing Association* (em português: Associação Internacional de Testes de Sementes)

IVG – Índice de Velocidade de Germinação

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PCSH – Pomar Clonal de Sementes Híbridas

RAS – Regras para Análise de Sementes

VG – Velocidade de Germinação

VPL – Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1	Teste de Germinação e de vigor	18
3.1.1	Equações para Testes Fisiológicos	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1	Teste de Vigor	21
4.2	Lotes a serem usados como estudo de caso	22
4.3	Estrutura Empregada no ensaio	22
4.3.1	Câmara Germinativa	22
4.3.2	Substrato	23
4.3.2.1	Papel	23
4.3.3	Água	23
4.3.4	Sacos Plásticos	23
	Sacolas Plásticas 100% polietileno com dimensões 35 cm x 45 cm.	23
4.4	Procedimento do Ensaio de Vigor	24
4.4.1	Preparação do substrato	24
4.4.2	Pré teste	24
4.4.3	Estimativa do volume de água	24
4.4.4	Quantidade de sementes e coleta de dados	25
4.4.5	Determinação de plântulas normais	26
4.4.6	Testes fisiológicos	27
4.5	Inventário, água e energia gastos	28
4.6	Estimativa de custos e Emissões de Carbono	28
4.7	Avaliação com o mercado	29
4.8	Análise e Discussões	30
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1	Teste de Germinação	31
5.2	Teste de Vigor	34
5.3	Inventário, água e energia gastos	37
5.4	Estimativa de custos e Emissões de Carbono	38
5.5	Avaliação com o mercado	39
5.6	Análise e Discussões	42

6	CONCLUSÕES	44
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
8	ANEXO 1 – Croqui da Câmara Germinativa	49
9	ANEXO 2 – Custo câmara germinativa de baixo custo	50
10	ANEXO 3 – Quadros de ANOVA	51

1 INTRODUÇÃO

A silvicultura é uma atividade consolidada no Brasil de extrema importância econômica e ambiental. O setor de árvores plantadas tem impacto relevante na economia com representatividade 6,9% no PIB Industrial e 1,1% no PIB brasileiro (IBA,2019). O eucalipto se destaca entre as culturas cultivadas, representando 73% das áreas plantadas. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores, dos 7,83 milhões de hectares de árvores plantadas no Brasil em 2018, 5,7 milhões de hectares são de plantios de eucalipto.

A grande maioria das espécies de *Eucalyptus* é oriunda do continente australiano, existindo duas espécies endêmicas: de Nova Guiné (*E. deglupta*) e Timor (*E. urophylla*) (BROOKER e KLEINIG, 2004; LADIGES et al., 2003). Por sua larga empregabilidade econômica e rápido crescimento com idade média de corte de 6 a 8 anos, quando comparada ao ciclo das árvores de mata nativa que levam em média 25 anos, o eucalipto passou a ser uma alternativa racional contra a devastação das florestas nativas em diversas regiões do planeta, propiciando a preservação do meio ambiente (SCARPINELLA, 2002).

Apesar de não haver uma data exata para a introdução do eucalipto no Brasil, o início de sua exploração para fins comerciais veio sanar um problema de falta de matéria-prima da época. Foi no ano de 1904 que Edmundo Navarro de Andrade deu início aos reflorestamentos experimentais para obter matéria-prima destinada à produção de lenha e dormentes para a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (MARTINI, 2004).

No Brasil o gênero foi rapidamente difundido, principalmente nos estados de Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, devido às características vantajosas de alta adaptabilidade e crescimento rápido (GRATTAPAGLIA e KIRST, 2008; GOLÇALVES et al., 2013). Hoje os plantios de eucalipto estão localizados principalmente nos estados de Minas Gerais (24%), São Paulo (17%) e Mato Grosso do Sul (16%) (IBA,2019).

Segundo Wendling e Dutra (2017) a produção de mudas de eucalipto por sementes foi o primeiro método de produção a ser adotado e embora a produção de mudas por clonagem ser cada vez mais empregada, em situações onde não se tenha disponibilidade de clones testados e adaptados às condições de solo e clima

da região de plantio, a produção de mudas por semente é a mais indicada. A população de plantas, que é um dos principais responsáveis pela produtividade, é diretamente afetada pelo baixo vigor das sementes, seja pela não germinação, seja pela não sobrevivência das plantas até a fase produtiva (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Assim, nos casos específicos de espécies onde a condução da cultura comercial envolve o transplante, as sementes devem ser de qualidade fisiológicas comprovadamente elevada, o que exige o uso rotineiro de testes de vigor em programas de controle qualidade (MARCOS FILHO, 1999).

Métodos de análise em laboratório, efetuados em condições controladas, de alguns ou de todos os fatores externos, têm sido estudados e desenvolvidos de maneira a permitir uma germinação mais regular, rápida e completa das amostras de sementes de uma determinada espécie (BRASIL, 2009).

O conhecimento do poder germinativo, da pureza, dos mecanismos de acúmulo de reservas, bem como a vigor do lote de sementes analisado, tem grande importância, pois, com estes dados temos uma estimativa do potencial de desempenho das sementes à campo (TUNES et al, 2008; FERREIRA; BORGHETTI, 2004). Consequentemente, entende-se que os lote considerados vigorosos tem maior probabilidade de sucesso, caso o ambiente, na época de semeadura, não seja totalmente favorável; o mesmo ocorre durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 1999).

Os testes de vigor têm se constituído em ferramentas de uso cada vez mais rotineiro pela indústria de sementes para a determinação da qualidade fisiológica. (MARCOS FILHO, 1999). Métodos de análise em laboratório, efetuados em condições controladas, de alguns ou de todos os fatores externos, têm sido estudados e desenvolvidos de maneira a permitir uma germinação mais regular, rápida e completa das amostras de sementes de uma determinada espécie (BRASIL, 2009).

Segundo as Regras para Análise de Sementes, a realização do teste de germinação em campo, geralmente, não é satisfatória, dada a variação das condições ambientais, os resultados nem sempre podem ser fielmente produzidos. Portanto, para efetuar os testes em condições controladas, permitindo uma germinação mais regular e sendo possível a reprodução dos testes, com base nos mesmos parâmetros é utilizada um germinador de câmara e/ou germinador de sala.

Ainda de acordo com o RAS, os germinadores de câmara consistem em uma câmara de paredes duplas, adequadamente isoladas por uma camada de ar ou de material isolante, a fim de diminuir as variações internas de temperatura, e equipada com um conjunto de bandejas ou de tipo de suporte, onde as amostras são colocadas para germinar.

Os produtores de sementes e os agricultores estão cada vez melhor informados a respeito dos conceitos de vigor e, paralelamente, acentuando suas exigências quanto às informações sobre os níveis de vigor das sementes que comercializam ou adquirem (MARCOS FILHO,1999).

Diante deste cenário o presente trabalho tem como objetivo, com o uso de uma Germinadora de baixo Custo, verificar a influência de diferentes temperaturas e umidades no substrato papel, sobre a germinação e testes fisiológicos de amostras de *Eucalyptus grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla*, o híbrido *Eucalyptus urograndis*. Além de comparar os resultados encontrados entre as duas espécies e analisar o vigor de cada lote, como uma forma de validar o uso e efetividade do equipamento e poder estimar seus consumos de insumos e energia, frente aos seus congêneres comerciais.

O tema foi escolhido para entender e estabelecer o comportamento das curvas de vigor da semente, estimar o vigor relativo das duas espécies de sementes e o potencial máximo de germinação de duas espécies diferentes em substrato papel, com a variação da temperatura e umidade.

Sendo de grande importância o conhecimento da qualidade das sementes visando garantir para produtores, comerciantes e agricultores lotes de sementes com qualidade conhecida e redução de riscos provenientes da aquisição de produtos com qualidade desconhecida e com preços irrealistas.

Em se provando a eficácia, e efetividade do equipamento usado, espera-se poder validar seu uso pela sociedade como uma forma de disponibilizar testes de vigor em uma escala mais aceitável para Cooperativas e ou Associações de agricultores que queiram: validar o vigor das sementes que produzem, assim como avaliar lotes antes de sua aquisição.

2 OBJETIVOS

Inicialmente, o trabalho estará focado na realização do teste de germinação em substrato papel, estabelecendo a temperatura e umidade recomendadas pelo RAS, Regra para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), de 25°C e 2,25 vezes o peso de papel, respectivamente. Depois, passa-se a variar a temperatura (17,5°C e 30°C) e a umidade 1,0 e 3,0 vezes do peso do papel. Para o teste fisiológico, será realizado cálculo do índice de velocidade de germinação (IVG), velocidade de germinação (VG) e coeficiente de velocidade de germinação (CVG) sob as mesmas condições dos testes de germinação, ou seja, uma análise de Vigor com variação de condições como uma forma de validar plenamente seu uso como instrumento de certificação de sementes e instrumento de uso para pesquisas científicas.

Pretende-se com esse trabalho, comparar os resultados obtidos de dois lotes de sementes de espécies diferentes em substrato papel, para poder germinativo e testes fisiológico das espécies *Eucalyptus grandis* e *E. urograndis*, com a literatura. Utilizando uma câmara germinativa de baixo custo e verificar sua viabilidade econômica e financeira, em relação a uma câmara germinativa de mercado. Validando-se sua efetividade, tem-se a análise de custos compara à suas congêneres de mercado. Para tanto, cumpre-se realizar os seguintes objetivos parciais:

1. Identificar as normas e padrões aplicáveis para teste de vigor em espécies utilizadas em ações de reflorestamento e silvicultura
2. Selecionar ao menos dois lotes de sementes para serem analisadas como estudos de caso
3. Realizar os estudos de caso registrando uso dos equipamentos (duração as etapas), consumo de insumos, água e energia;
4. Elaborar relatório de teste de vigor com base nos procedimentos realizados;
5. Compilar, na forma de inventário, água e energia gastos em cada etapa, e de forma acumulativa, no ensaio como um todo;
6. Estimar custos e gastos equivalentes em emissões de carbono da realização do ensaio;

7. Avaliar – frente aos seus congêneres no mercado – relação de custo x preço de realização do ensaio assim como oportunidades de compensação de carbono de cada teste realizado (ex: custo com compra de créditos de carbono); e
8. Análise e conclusões finais.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Teste de Germinação e de vigor

Para pesquisa bibliográfica serão utilizadas obras de: LABORIAU, L.G. (1983); KOTOWSKI, F. (1926); MAGUIRE, J. D. (1962); RAS (2009); ABRATES (1999); entre outros. Além da literatura especializada, será utilizado artigos científicos, publicações em revistas especializadas e documentos da EMBRAPA.

Nos testes de laboratório a porcentagem de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais, em condições e períodos especificados (BRASIL, 2009).

O teste de germinação é eficiente em, pelo menos, dois aspectos: fornece informações sobre o potencial de uma amostra para germinar sob condições ótimas de ambiente e, além disso, é considerado como padronizado, com ampla possibilidade de repetição dos resultados, dentro de níveis razoáveis de tolerância, desde que sejam seguidas as instruções estabelecidas em Regras para Análise de Sementes, tanto nacionais como internacionais (MARCOS FILHO, 1999).

O teste de germinação para *Eucalyptus grandis*, segundo o RAS deve ser realizado sobre papel a temperatura de 25°C não podendo variar $\pm 2^\circ\text{C}$, em cada período de 24 horas. A primeira contagem deve ser realizada em 5 dias e a última contagem 14 dias. Não há recomendações para *Eucalyptus urograndis*, de forma que podem ser adotados os mesmos procedimentos.

O RAS estabelece que o tipo de papel utilizado seja mata-borrão, papel toalha ou papel de filtro. O espaçamento deve ser uniforme para minimizar a competição e contaminação entre as sementes e plântulas em desenvolvimento. A água usada para umedecer o substrato deve ser livre de impurezas orgânicas e inorgânicas (BRASIL, 2009).

A quantidade de água a ser adicionada é conveniente utilizar a relação volume de água (mL) por peso de substrato (g), a indicada é de 2,0 a 3,0 vezes o peso do papel. A fim de evitar a perda de água por evaporação a amostra deve ser

mantida em ambiente com umidade acima de 90%, visando a necessidade de reumedecimento do substrato após a semeadura (BRASIL,2009).

No processo de germinação, as alterações fisiológicas são facilmente identificadas pelo baixo percentual de germinação das sementes, crescimento lento das plântulas e produção de plântulas anormais. (KRYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001). As falhas na emergência ou a formação de plântulas fracas podem causar sérios prejuízos ou acréscimos no custo de produção (MARCOS FILHO, 1999). Uma semente cujas estruturas morfológicas e bioquímicas sofreram alguma deterioração, não tem capacidade, quando armazenada, de restaurar os tecidos injuriados (CARVALHO; NAGAKAWA, 2000).

Segundo a *Association of Official Seed Analysts* (AOSA) vigor de sementes pode ser definida como, aquelas propriedades que determina o potencial para emergência rápida uniforme e desenvolvimento de plântulas normais sobre uma ampla faixa de condições de ambiente. De acordo com a *International Seed Testing Association* (ISTA) vigor da semente é a soma das propriedades que determinam o potencial da atividade e performance da semente ou o lote durante a germinação e emergência das plântulas.

Os testes de vigor têm por finalidade distinguir os níveis de qualidade fisiológica que as sementes possuem, o que não é possível detectar nos testes de germinação em virtude de que seu resultado, limita-se apenas ao relato do percentual de plântulas normais, sem estabelecer critérios de classificação para plântulas normais quanto ao seu desenvolvimento (KRYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2001). De acordo com Marcos Filhos (1999), os testes de vigor foram desenvolvidos para proporcionar informações adicionais ao teste de germinação e não para substituí-lo.

Isely (1957) separou os testes em diretos e indiretos. Os diretos seriam os métodos que procuram simular as condições (às vezes adversas) que ocorrem no campo e os indiretos procuram avaliar atributos que indiretamente se relacionam com vigor (físicos, biológicos, fisiológicos) das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os testes de vigor que se baseiam no desempenho das plântulas são realizados em laboratório, sob condições controladas, ou em condições de campo (NAKAGAWA, 1999). Os testes de vigor de velocidade de germinação são testes classificados como indiretos, pois são realizados em condições de laboratório. Os

testes de laboratório são instalados, em sua maioria, nas mesmas condições e/ou metodologias do teste padrão de germinação, portanto, seguindo as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992) e, a seguir, são avaliadas certas características da germinação ou das plântulas, consideradas como expressão do vigor (ARTHUR & TONKIN, 1991; NAKAGAWA, 1999).

3.1.1 Equações para Testes Fisiológicos

Os testes de vigor são realizados em conjunto com os testes de germinação e são referentes as plântulas classificadas como normais. As avaliações das plântulas são realizadas diariamente, à mesma hora, a partir do dia em que surgem as primeiras plântulas normais, que são computadas e removidas do substrato (NAKAGAWA, 2000). De acordo com Santana, D. G. de et Ranal M. (2006) a fórmula de Edmond & Drapala (1958) mede a germinação por tempo, a fórmula de Kotowski (1926) mede a taxa de germinação e a fórmula de Maguire (1962) é uma medição mista de taxa de germinação, a velocidade de germinação (VG) é expressa em dias.

A fórmula de Kotowski (1926) consiste na determinação do coeficiente de velocidade de germinação (CVG), que pode variar de 0 a 100 e seu resultado é dado por porcentagem. Edmond & Drapala (1958) desenvolveram uma fórmula para mensurar o tempo médio de germinação, seu resultado é dado em dias. O índice de velocidade de germinação (IVG), elaborado por Maguire (1962) e usado para prever o vigor das amostras, o resultado é expresso por número de mudas normais por dia.

Valores maiores para índice de velocidade de germinação (IVG) e coeficiente de velocidade de germinação (CVG) indicam maior vigor do lote. Valores menores para velocidade de germinação (VG), indicam maior vigor do lote.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo apresentará ao leitor os métodos utilizados para realização dos experimentos, procedimentos realizados para preparação do substrato, pesagem, determinação do número de dias para finalização do experimento, parâmetros estabelecidos como umidade, temperatura e presença de luz.

Assim como o entendimento de plântulas normais. Capítulo mostrará a realização do experimento em condições controladas. Expõe também o método para coleta dos dados, conforme o RAS, os critérios estabelecidos para plântulas normais e as fórmulas de Kotowski (1926), Edmond & Drapala (1958) e Maguire (1962).

4.1 Teste de Vigor

O tipo de pesquisa a ser empregada neste trabalho é descritivo e exploratório, com a abordagem quali-quantitativa, uma vez que busca medição objetiva e análise dos dados coletados. Assim como a quantificação dos resultados do teste de germinação, utilizando duas amostras de sementes das espécies *Eucalyptus grandis* e *E. urograndis*, e por fim, estabelecendo uma relação entre os resultados.

A abordagem quantitativa parece a mais adequada para o teste de germinação, pois utiliza uma amostra da população para mensurar qualidades de um lote de sementes. Nos testes de vigor a abordagem qualitativa será utilizada, já que há classificação de plântulas e determinação do vigor relativo.

Para realização do experimento estudado neste trabalho serão utilizados o teste de germinação, peso de mil sementes, teste de sementes por repetições pesadas conforme estabelecidos pelo RAS e orientação e espaçamento das sementes em rolo de papel, de acordo com ABRATES (1999).

O trabalho será produzido com base nas fórmulas para teste fisiológico de Kotowski (1926), Labouriau (1983a), Maguire (1962) e Regra para Análise de Semente (BRASIL, 2009). Este último, propõe uniformizar e oficializar os métodos para análise de sementes estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e Coordenação Geral de Apoio Laboratorial (CGAL), que

foram atualizados de acordo com as regras internacionais prescritas pela *International Seed Testing Association* (ISTA).

4.2 Lotes a serem usados como estudo de caso

Para os testes de germinação foram utilizados dois lotes de sementes, um para *Eucalyptus grandis*, adquirida na empresa A, e outro para *Eucalyptus urograndis*, adquirida na empresa B. O lote de *E. grandis* contém 100g, aproximadamente 10000 sementes, proveniente de um PS (Pomar de Sementes), com indicação de poder germinativo de 80%. O lote de *E. urograndis* contém 100g, aproximadamente 8000 sementes, proveniente de uma PCSH (Pomar Clonal de Sementes Híbridas).

4.3 Estrutura Empregada no ensaio

4.3.1 Câmara Germinativa

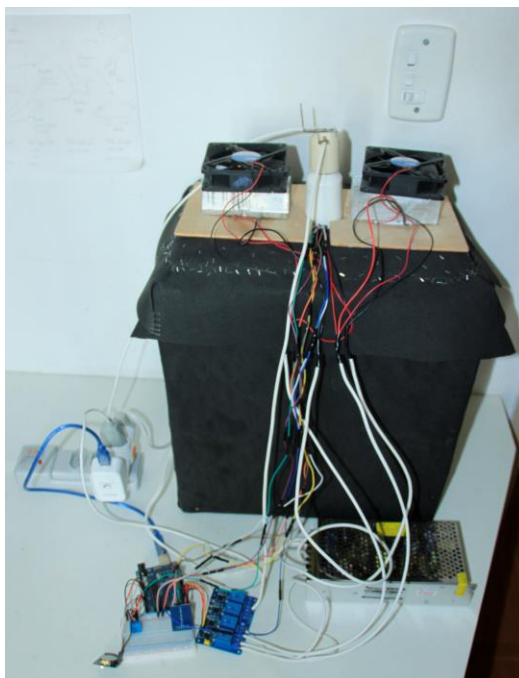
A câmara germinativa utilizada foi projetada e construída por Pedro Peçanha (2019) possuindo as seguintes características:

1. Caixa de 0,017 m³ (17L), composta de poliestireno expandido;
2. Dimensões: 0,30m de altura, 0,025m de espessura, 0,29m de comprimento e 0,20m de largura;
3. Material isolante, envolvendo todo o recipiente, foi utilizado o papel de alumínio, com o intuito bloquear a entrada de ondas de luz visível no recipiente, além de auxiliar na manutenção da temperatura interna; e
4. Segunda parede elaborada em espuma vinílica acetinada, na cor preta e com espessura de 0,01 m.

Os custos da câmara germinativa de baixo custo podem ser vistos no ANEXO 1 e as dimensões detalhadas no ANEXO 2.

A figura 1 apresenta a câmara germinativa de baixo custo.

Figura 1 - Câmara germinativa de baixo custo. *Elaboração: Pedro Peçanha (2019)*



4.3.2 Substrato

4.3.2.1 Papel

O substrato utilizado foi papel germitest, papel toalha especial para germinação de sementes com fibras dispostas no sentido paralelo ao menor lado. Este papel é isento de detritos ou impurezas, fungos e bactérias.

4.3.3 Água

A água empregada no experimento foi água destilada, livre de impurezas orgânicas e inorgânicas. A utilização desse tipo de água é especificada para teste de germinação pelo RAS.

4.3.4 Sacos Plásticos

Sacolas Plásticas 100% polietileno com dimensões 35 cm x 45 cm.

4.4 Procedimento do Ensaio de Vigor

O ensaio foi desenvolvido segundo as etapas abaixo descritas, algumas etapas diferem das especificações apresentadas pelo RAS, para adaptação a câmara germinativa.

4.4.1 Preparação do substrato

Para a realização do teste é necessário a preparação do substrato, determinação da umidade e coleta de dados segundo o RAS.

O item em questão, exibe as condições em que o teste de germinação é realizado, a escolha de substrato, determinação do grau de umidade e da temperatura, assim como a coleta de dados, primeira contagem e contagem final;

4.4.2 Pré teste

Inicialmente foi realizado um pré-teste para determinar se haveria necessidade de algum processo para superar a dormência. Nessa etapa o teste de germinação foi realizado em substrato em rolo de papel (RP) conduzido com temperatura de 25°C, presença de luz por 8h e umidade 2,25 vezes o peso do substrato.

4.4.3 Estimativa do volume de água

No substrato papel a determinação da água é usada a relação entre o volume de água (ml) por peso (g) do substrato. O teste foi realizado entre papeis, onde duas folhas de papel são umedecidas, de acordo com a quantidade de água do teste, então as sementes são colocadas sobre os papeis e uma nova folha é posta sobre as sementes. Os papeis são embrulhados em forma de rolos, colocados em sacos plásticos para minimizar a evaporação, mantendo a umidade acima dos 90% e posteriormente são colocadas na posição vertical dentro da câmara germinativa.

4.4.4 Quantidade de sementes e coleta de dados

De acordo com as especificações do RAS o teste de germinação deve ser feito com 400 sementes em 4 repetições de 100 sementes. Sementes de *Eucalyptus spp.* são pequenas e é recomendada realização do teste de germinação por repetições pesadas.

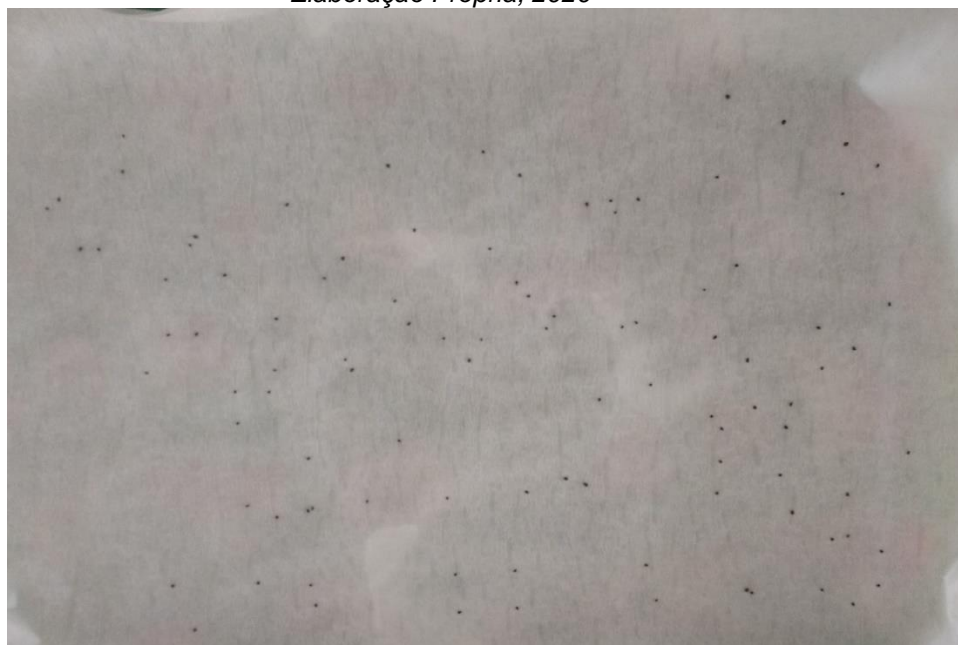
Para isso, foram pesados 0,1g de sementes por repetição, equivalente a aproximadamente 100 sementes. As sementes então, devem ser postas uniformemente no substrato, como pode ser observado na figura 3. Já os experimentos foram dispostos conforme figura 2.

Após o início do teste deve-se esperar o número de dias para a primeira contagem, que é de 5 dias para *Eucalyptus grandis* e para *Eucalyptus urograndis*. Feita a primeira contagem, segundo o RAS, remove-se as plântulas que estão suficientemente desenvolvidas, a fim de facilitar as contagens subsequentes, e evitar que elas afetem o desenvolvimento de outras plântulas. O RAS recomenda que a última contagem seja realizada 14 dias após o início do ensaio, podendo ser estendida por mais 7 dias.

Figura 2 - Exemplo de disposição dos experimentos. Fonte: Elaboração própria, 2020



Figura 3 - Exemplo de distribuição para germinação de sementes em substrato papel. *Fonte: Elaboração Própria, 2020*



4.4.5 Determinação de plântulas normais

A plântula dita como normal é aquela que apresentam todas as suas estruturas bem desenvolvidas e será capaz de se desenvolver, dando origem a uma planta normal. Para os testes de germinação e vigor deste trabalho foram consideradas plântulas normais aquelas que apresentavam raiz primária, hipocótilo e cotilédones bem desenvolvidos, como pode ser observado na figura 4.

Figura 4 - Exemplo de plântula normal. *Fonte: Elaboração Própria, 2020*



4.4.6 Testes fisiológicos

De acordo com Nakagawa (1999) as fórmulas utilizadas para testes fisiológicos que analisam a velocidade de germinação são as seguintes:

- Índice de velocidade de germinação (Maguire, 1962)

$$IVG = \frac{G_1}{N_1} + \frac{G_2}{N_2} + \dots + \frac{G_n}{N_n}$$

Onde:

IVG = índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = número de dias da semente à primeira, à segunda e à última contagem.

- Velocidade de germinação (Edmond & Drapala, 1958)

$$VG = \frac{(N_1 G_1) + (N_2 G_2) + \dots + (N_n G_n)}{G_1 + G_2 + \dots + G_n}$$

Onde:

VG = velocidade de germinação (dias)

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagem.

- Coeficiente de velocidade de germinação (Kotowski, 1926)

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + \dots + N_n G_n}{N_1 G_1 + N_2 G_2 + \dots + N_n G_n} \times 100$$

Onde:

CVG = coeficiente da velocidade de germinação

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = número de dias da semeadura à primeira, à segunda e à última contagem.

4.5 Inventário, água e energia gastos

O consumo de água e energia será dividido de acordo com teste, diferenciados pela temperatura e umidade adotados. A quantidade de água utilizada será de 6,2 mL, por folha, para os testes de 1,0 vez o peso do papel; 14 mL, por folha, para os testes de 2,25 vezes o peso do papel e 18,6 mL, por folha, para testes de 3,0 vezes o peso do papel. Os testes realizados à 17,5°C e 25°C a luz de 15W foi acionada durante 8h, nos testes à 30°C a luz foi acionada durante 16h. Para determinar a energia consumida pelo sistema, considerou potência instalada pelos coolers, fornecida pelo fabricante de 7,2W, e a potência instalada pelas placas de peltier, fornecida pelo fabricante de 20W com diferença de temperatura de 30°C. A potência instalada total na germinadora, considerando 4 coolers e 2 placas de peltier é de 47,2W.

4.6 Estimativa de custos e Emissões de Carbono

De acordo com Mora, A. et Garcia, C. H. (2000) um hectare de floresta jovem sequestra, em média 35 toneladas de CO₂ por ano e 1 hectare de plantação de eucalipto produz cerca de 50 toneladas de papel. Utilizando destes dados é possível calcular a quantidade de gás carbônico que não foi absorvido, para a produção de papel.

$$1 \text{ hectare eucalipto} = 35 \text{ tCO}_2 \text{ abs}$$

$$50 \text{ (ton de papel)} = 1 \text{ hectare de eucalipto}$$

$$\text{CO}_2 \text{ abs (ton / ton de papel)} = 50 / 35$$

Para o cálculo das emissões, o Fator Médio Mensal fornecido pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões para os meses em análise, apresentados na tabela 1.

Tabela 1 - Fator Médio Mensal de 2019 e 2020 (KgCO₂/MWh)

Mês/ 2019-2020											
Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
104	107,8	91,3	91,6	55,8	38,4	29,6	35,8	49,1	40,0	41,4	32,9

O valor da energia foi estabelecido pela tarifa de energia da concessionária ENEL RJ, determinado pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica). Para o período de 01/03/2019 a 13/11/2019, o valor foi de R\$/MWh 270,90.

4.7 Avaliação com o mercado

Com a finalidade de estipular o custo por amostra de cada germinadora realiza-se uma análise econômica e financeira. Para isso é necessário determinar os custos por tratamento e por repetições, utilizando o consumo de energia, preço de aquisição e insumo.

A análise econômica se dará pela comparação de custos por amostra ensaiada (R\$/amostra), tendo como base os gastos de água, papel e energia.

A análise financeira, se dará com base no método do fluxo de caixa e cálculo do VPL (Valor Presente Líquido) para horizonte de 5 anos, assumindo-se uma taxa de remuneração de capital de 6,6% ao ano. De forma que o custo buscado será aquele que – tendo-se como valor de venda mínimo do teste (assumido como lucro),

que dá um Valor Presente Líquido de zero (ou seja, equivalente à ter-se o capital invertido à taxa de atratividade mínima).

4.8 Análise e Discussões

Com a finalidade de analisar frente a seus congêneres no mercado foi considerada – como exemplo de caso a seguinte germinadora:

1. Câmara germinativa com fotoperíodo de 120L, composta de poliuretano expandido;
2. Dimensões: 54cm de altura, 48,2 cm de comprimento e 42,2 cm de largura;
3. Porta com vedação magnética e câmara interna revestida com polímero pré-moldado, faixa de trabalho de -10°C à 60°C, (120L), 4 luzes de 10W e potência de 200W;
4. Contando com: 2 prateleiras e 1 gaveta plástica;
5. Custo esperado de R\$ 4,789,00¹.

¹ Fonte: _ <https://www.cirurgicaestilo.com.br/camara-germinadora-com-fotoperiodo-120-litros-solidsteel-p15751/>_____

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresentará o tratamento de dados e a influência da temperatura, no comportamento das curvas de teste de fisiológicos e índice de germinação. Apontando os resultados encontrados com ambas as espécies comparação dos resultados entre si. A análise e tratamentos dos dados, respeitara os critérios estabelecidos pelo RAS (2009) e ABRATES (1999).

5.1 Teste de Germinação

As tabelas 2 e 3 apresentam os resultados para germinação de *E. grandis* e *E. urograndis* para diferentes tratamentos, onde podem ser vistos o número de plântulas normais encontradas para cada lote ensaiado.

Tabela 2 – Número de plântulas normais nos testes de Germinação de *E. grandis*

Repetições	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
R1	89	88	86	86	84	84	92	92	89
R2	85	93	811	80	90	89	85	91	91
R3	84	84	87	84	91	92	88	93	90
R4	86	92	85	84	87	87	93	90	88
Totais	344	357	339	334	352	352	358	362	358

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3 - Número de plântulas normais nos teste de Germinação *E. urograndis*

Repetições	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
R1	32	33	37	35	35	31	29	40	28
R2	34	30	40	38	35	31	28	37	37
R3	37	32	42	36	39	36	28	36	36
R4	34	37	43	37	40	27	22	30	39
Totais	137	132	162	146	149	125	107	143	140

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

Em repetições pesadas, para avaliar a confiabilidade do teste é necessário realizar a soma de todas as repetições para cada tratamento. Dessa forma, para a

validação do teste, a diferença entre o maior e o menor valor das repetições deve ser menor que a apresentada na tabela de tolerância máximas fornecidas pelo RAS.

As tabelas 4 e 5 apresenta as validações do teste de germinação para *E. grandis* e *E. urograndis*.

Tabela 4 - Validação teste de germinação *E. grandis*

Tratamento	Total de sementes germinadas por tratamento	Tolerância	Diferença entre maior e menor
T1	344	39	5
T2	357	39	9
T3	339	39	6
T4	334	39	6
T5	352	39	7
T6	352	39	8
T7	358	39	8
T8	362	40	6
T9	358	39	3

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5- Validação teste de germinação *E. urograndis*

Tratamento	Total de sementes germinadas por tratamento	Tolerância	Diferença entre maior e menor
T1	137	25	5
T2	132	24	7
T3	162	27	6
T4	146	25	2
T5	149	26	5
T6	125	24	9
T7	107	22	7
T8	143	25	10
T9	140	25	11

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

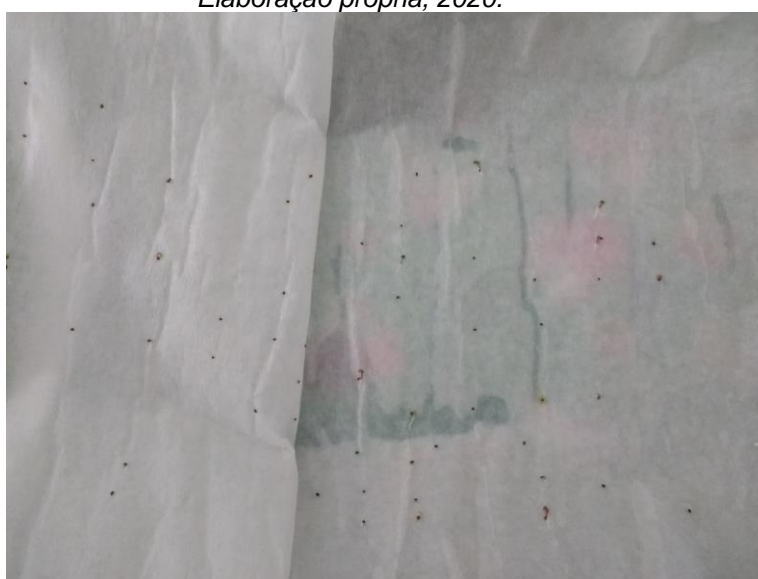
Fonte: Elaboração própria.

As figuras 5 e 6 exemplificam os testes de germinação para *E. grandis* e *E. urograndis*, respectivamente.

Figura 5 - Exemplo de germinação de sementes *E. grandis* em substrato papel. Fonte: *Elaboração própria, 2020.*



Figura 6 - Exemplo de germinação de sementes *E. urograndis* em substrato papel. Fonte: *Elaboração própria, 2020.*



Conforme a comparação de resultados apresentados pelo RAS os testes de germinação podem ser considerados confiáveis para as tolerâncias máximas, a 5% de probabilidade. Porém é relevante ressaltar, que estimando que cada repetição apresente 100 sementes e considerando o tratamento T5 (25,0°C e 2,25x peso do papel), as sementes de *E. grandis* da empresa A apresentam 88% de poder germinativo e as sementes de *E. urograndis* da empresa B apresentam 37% de poder germinativo.

De acordo com a Comissão de Controle de Sementes Florestais os padrões mínimos de qualidade apontam germinação de 80% para *E. grandis* e 80% para *E. urograndis*.

5.2 Teste de Vigor

Os testes de vigor foram realizados concomitantemente com os testes de germinação, finalizados em 14 dias para os testes realizados a 25 e 30°C e 16 dias para testes a 17,5°C. As tabelas 6 e 7 apresentam a influência da temperatura e umidade sobre as variáveis analisadas, os quadros de ANOVAS de cada variável pode ser vista no ANEXO 3.

A germinação de *E. grandis* não sofre influência da umidade e quando observamos a velocidade de germinação e coeficiente de germinação de *E. urograndis*, não há influência da interação de temperatura e umidade. Para as demais variáveis há influência significativa entre temperatura e umidade ou temperatura ou umidade.

Tabela 6 - Resumo de análise de variância de sementes de *E. grandis* para temperaturas e umidades diferentes

Fonte de variável	GL	Quadrado Médio			
		Germinação	IVG	VG	CVG
Temperatura (T)	2	42,33*	28,20*	4,82*	29,39*
Umidade	2	26,08 ^{ns}	8,43*	1,34*	9,73*
T x U	4	11,92 ^{ns}	0,87*	0,43*	3,15*
Residual	27	8,72	0,30	0,02	0,16
CV (%)		31,75	14,16	6,27	9,87

Legenda: IVG – Índice de Velocidade de Germinação; VG – Velocidade de Germinação; CVG – Coeficiente de Velocidade de Germinação; Ns, não significativo; *significativo a 5% de probabilidade por teste F.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 7 - Resumo de análise de variância de sementes de *E. urograndis* para temperaturas e umidades diferentes

Fonte de variável	GL	Quadrado Médio			
		Germinação	IVG	VG	CVG
Temperatura (T)	2	37,53*	2,33*	26,04*	43,15*
Umidade	2	35,19*	0,70*	0,69*	1,27*
T x U	4	85,94*	1,18*	0,03 ^{ns}	0,03 ^{ns}
Residual	27	0,04	0,18	0,04	0,06
CV (%)		54,41	19,91	6,95	6,60

Legenda: IVG – Índice de Velocidade de Germinação; VG – Velocidade de Germinação; CVG – Coeficiente de Velocidade de Germinação; Ns, não significativo; *significativo a 5% de probabilidade por teste F.

Fonte: Elaboração própria.

As temperaturas entre 20° e 30°C são as mais recomendadas para os testes de germinação (BINOTTO et al., 2004). De acordo com Nakagawa (1999) o índice

de germinação (IVG), quanto maior o valor obtido, apresenta maior velocidade de germinação e, conseqüentemente maior vigor.

O mesmo comportamento pode ser observado para os valores do coeficiente de germinação (CVG), quanto maior o valor obtido, maior velocidade de germinação e por conseqüência, maior vigor. Para a velocidade de germinação (VG), quanto menor for o valor obtido, maior o vigor das sementes. Como pode ser observado nas tabelas 8 e 9, há menor diferença, para os parâmetros avaliados, entre as temperaturas de 25° e 30°C, quando comparado a temperatura de 17,5°C.

Tabela 8 - Germinação, índice de velocidade de germinação, velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de germinação de sementes de *E. grandis*

Temperatura (°C)	Germinação	IVG	VG (dias)	CVG
17,5	86a	12,83a	7,02a	14,25a
25	86a	15,05b	5,99b	16,84b
30	89a	15,77b	5,86b	17,07b

Legenda: IVG – Índice de Velocidade de Germinação; VG – Velocidade de Germinação; CVG – Coeficiente de Velocidade de Germinação; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9 - Germinação, índice de velocidade de germinação, velocidade de germinação e coeficiente de velocidade de germinação para sementes de *E. urograndis*

Temperatura (°C)	Germinação	IVG	VG (dias)	CVG
17,5	35a	3,68a	10,21a	9,80a
25	35a	4,49b	7,92b	12,63b
30	32a	4,39ab	7,46c	13,40c

Legenda: IVG – Índice de Velocidade de Germinação; VG – Velocidade de Germinação; CVG – Coeficiente de Velocidade de Germinação; Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

As figuras 7 e 8 apresentam os gráficos dos valores de germinação e índice de velocidade de germinação para diferentes níveis de umidade no substrato papel. Os maiores valores estão em umidade 2,25 vezes o peso do papel, que são os valores indicados pelo RAS para testes em *E. grandis* em substrato sobre papel.

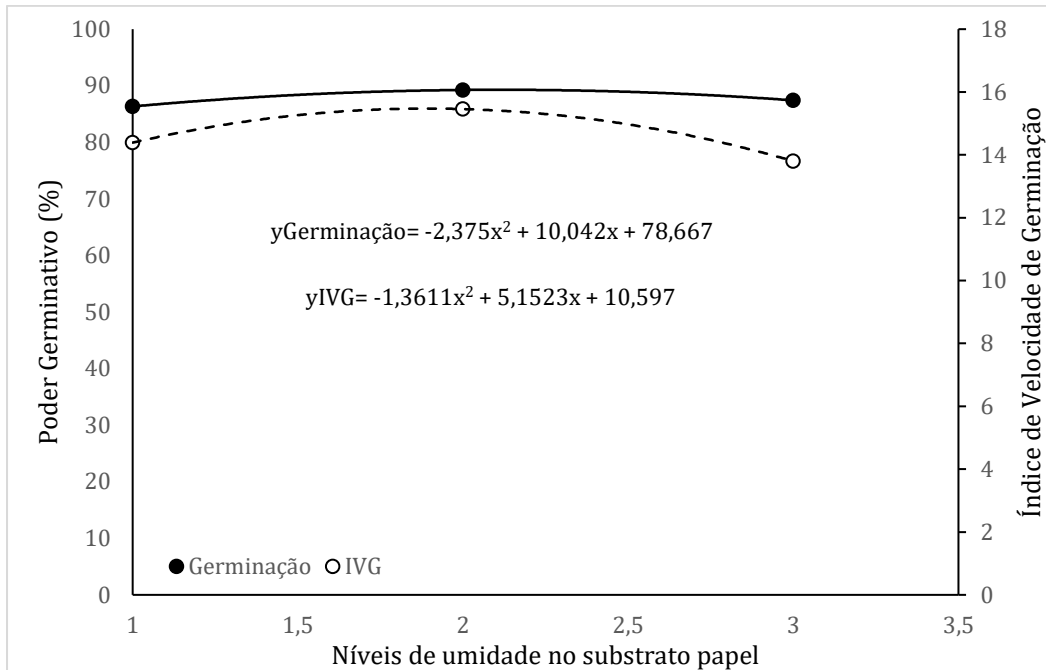


Figura 7 - Gráfico germinação e índice de velocidade de germinação de *E. grandis* para médias de temperaturas 17,5°, 25° e 30°C para umidades de papel em 1,0x, 2,25x e 3,0x o peso do papel.
 Fonte: Elaboração própria.

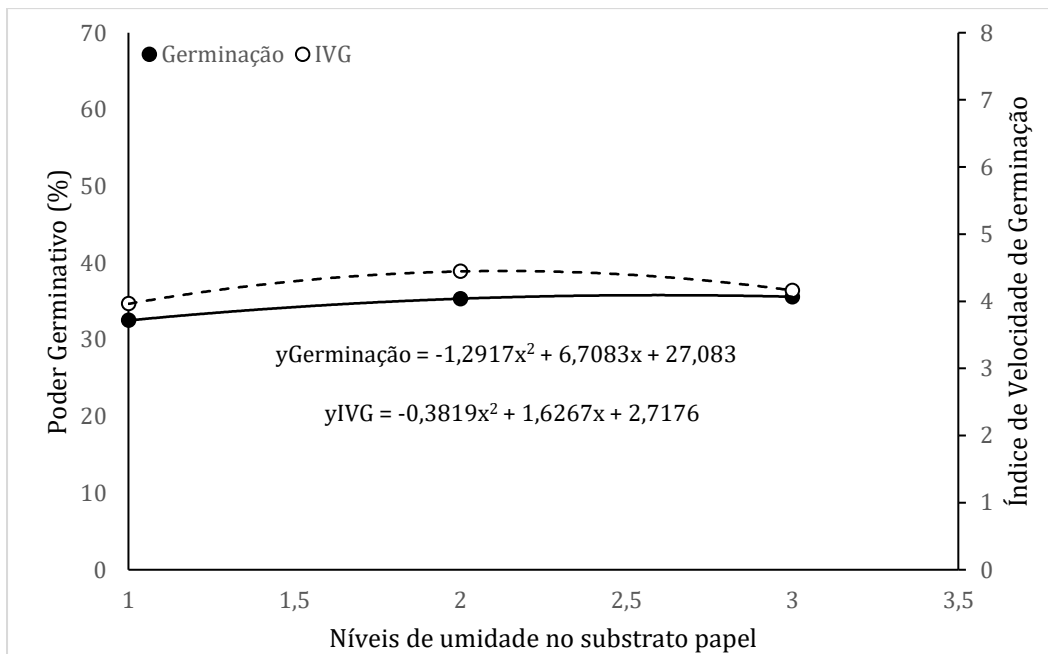


Figura 8- Gráfico germinação e índice de velocidade germinação de *E. urograndis* para médias de temperaturas 17,5°, 25° e 30°C para umidades de papel em 1,0x, 2,25x e 3,0x o peso do papel.
 Fonte: Elaboração própria.

5.3 Inventário, água e energia gastos

As tabelas 10 e 11 indicam o consumo de água e energia calculado para câmara germinativa de baixo custo e estimada para câmara germinativa do mercado. Os gastos de água não são expressos na tabela 11, sendo considerados os mesmos da tabela 10, pois são referentes aos mesmos testes.

Tabela 10 - Consumo de água e energia para cada espécie testada em germinadora de baixo custo

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
Quant. de água (mL)	223,2	504	669,6	223,2	504	669,6	223,2	504	669,6	4.190,4
Energia consumida luz (kWh)	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	1,68	3,36	3,36	3,36	6,72
Energia consumida pelo sistema (kWh)	15,86	15,86	15,86	15,86	15,86	15,86	15,86	15,86	15,86	47,58

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: elaboração própria

Tabela 11 - Consumo de energia para cada espécie testada em germinadora do mercado

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
Energia consumida pela luz (kWh)	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	4,48	13,44
Energia consumida pelo sistema (kWh)	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2	201,6

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

5.4 Estimativa de custos e Emissões de Carbono

A tabela 12 indica a quantidade de gás carbônico equivalente à quantidade de papel utilizada nos testes.

Tabela 12 - Quantidade de gás carbônico equivalente

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	Total
Peso										
Papel	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	74,4	669,6
(g)										
kgCO₂	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,106	0,957

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

Como pode ser observado nas tabelas 13 e 14 o total de carbono, consumo equivalente das emissões e custo, para câmara germinativa de baixo custo e câmara germinativa de mercado por repetição.

Tabela 13 - Total de CO₂ equivalente câmara germinativa de baixo custo por repetição.

	T1	T2	T3	T4	T5
gCO₂ pela energia consumida	29,14	29,14	29,14	29,14	29,14
gCO₂ pelo papel gasto	26,57	26,57	26,57	26,57	26,57
Total de gCO₂	55,71	55,71	55,71	55,71	55,71
kWh	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
R\$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
	T6	T7	T8	T9	
gCO₂ pela energia consumida	29,14	31,93	31,93	31,93	
gCO₂ pelo papel gasto	26,57	26,57	26,57	26,57	
Total de gCO₂	55,71	58,50	58,50	58,50	
kWh	0,93	0,98	0,98	0,98	
R\$	0,25	0,26	0,26	0,26	

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 14 - Total de CO₂ equivalente câmara germinativa do mercado por repetição.

	T1	T2	T3	T4	T5
gCO ₂ pela energia consumida	18,64	18,64	18,64	18,64	18,64
gCO ₂ pelo papel gasto	26,57	26,57	26,57	26,57	26,57
Total de gCO ₂	45,21	45,21	45,21	45,21	45,21
kWh	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
R\$	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
	T6	T7	T8	T9	
gCO ₂ pela energia consumida	18,64	18,64	18,64	18,64	18,64
gCO ₂ pelo papel gasto	26,57	26,57	26,57	26,57	26,57
Total de gCO ₂	45,21	45,21	45,21	45,21	45,21
kWh	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
R\$	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Legenda: T1 – 17,5°C e 1x peso do papel; T2 – 17,5°C e 2,25x peso do papel; T3 – 17,5°C e 3x peso do papel; T4 – 25,0°C e 1x peso do papel; T5 – 25,0°C e 2,25x peso do papel; T6 – 25,0°C e 3x peso do papel; T7 – 30,0°C e 1x peso do papel; T8 – 30,0°C e 2,25x peso do papel; T9 – 30,0°C e 3x peso do papel.

Fonte: Elaboração própria.

5.5 Avaliação com o mercado

Para uma análise econômica a tabela 15 apresenta os gastos de energia e tCO₂ equiv. para a câmara germinativa de baixo custo e estimado para câmara germinativa do mercado, considerando 3 bateladas, com 36 repetições por batelada. O custo não difere em relação a espécie utilizada.

Tabela 15 - Comparativo câmara germinativa de baixo custo e de mercado por ensaio para todo o experimento de germinação, realizado, de *E. grandis*.

	Gasto total de energia por ensaio (R\$)	tCO ₂ equiv.	MWh referente ao CO ₂ equiv.	Gasto energia elétrica referente ao CO ₂ equiv. (R\$)
Câmara Germinadora de baixo custo	14,71	0,001	0,070	19,04
Congêneres do mercado	58,25	0,014	0,231	62,59

Fonte: Elaboração própria.

Pelos números, pode-se entender que a operação da câmara congênere de mercado tem um custo econômico maior de operação (o que já era esperado).

A tabela 16 indica os gastos de energia e gCO₂ equiv. para a câmara germinativa de baixo custo e seu congênere do mercado, considerando uma repetição.

Tabela 16 - Comparativo câmara germinativa de baixo custo e do mercado por repetição de *E. grandis*.

	Gasto de energia por repetição (R\$)	gCO₂ equiv. por repetição	kWh referente ao CO₂ equiv.	Gasto de energia elétrica referente ao CO₂ equiv. (R\$)
Câmara Germinadora de baixo custo	0,13	55,71	0,93	0,25
Câmara Germinadora do mercado	0,08	45,21	0,76	0,20

Fonte: Elaboração própria.

Desta forma, o maior custo de operação se dilui no grande número de amostras que a congênere do mercado é capaz de realizar por batelada, de forma que economicamente, esta tem um custo menor – por amostra processada – que a de baixo custo (62,5% menor).

As tabelas 17 e 18 mostram a análise financeira através do VPL, considerando uma taxa próxima a poupança de 6,6% e horizonte de 5 anos.

Tabela 17 - Análise financeira câmara germinativa de baixo custo

Fluxo de caixa (R\$)	Ano				
	1	2	3	4	5
Aquisição	-5 18,00				
Operação	-118,11	- 118,11	- 118,11	- 118,11	- 118,11
Insumo	-107,70	- 107,70	- 107,70	- 107,70	- 107,70
Entrada	343,05	343,05	343,05	343,05	343,05
Total	- 400,75	117,25	117,25	117,25	117,25

Fonte: Elaboração própria.

Este número indicam um valor de custo por ensaio – a ser cobrado pelo usuário – de 343,05 R\$/por ensaio, levando à um custo financeiro de 0,38 R\$/amostra.

Tabela 18 - Análise financeira câmara germinativa de mercado

Fluxo de Caixa (R\$)	Ano				
	1	2	3	4	5
Aquisição	- 4.789,00				
Operação	- 482,68	- 482,68	- 482,68	- 482,68	- 482,68
Insumo	- 688,08	- 688,08	- 688,08	- 688,08	- 688,08
Entrada	2.254,73	2.254,73	2.254,73	2.254,73	2.254,73
Total	- 3.705,03	1.083,97	1.083,97	1.083,97	1.083,97

Fonte: Elaboração própria.

Este número indicam um valor de custo por ensaio – a ser cobrado pelo usuário – de 2.254,73 R\$/por ensaio, levando à um custo financeiro de 0,39 R\$/amostra.

Como pode ser observar na tabela 19, o custo por amostra da câmara germinativa de baixo custo apresenta valor inferior, comparado a câmara germinativa do mercado.

Tabela 19 - Comparativo custo por amostra no ano câmara germinativa de baixo custo e do mercado

	Custo	Amostras por ano	Custo por amostra (R\$/Amostra)
Câmara germinativa de baixo custo	343,05	895	0,38
Câmara germinativa do mercado	2.254,73	5.717	0,39

Fonte: Elaboração própria.

As amostras por ano foram estimadas considerando que os testes analisados duram 14 dias, 29 dias úteis por mês e 12 meses no ano. Para a câmara germinativa de baixo custo foi adotado 36 amostras a cada 14 dias, como a germinadora do mercado possui capacidade 6,4 vezes maior que a de baixo custo, adotou-se 230 amostras a cada 14 dias.

Dos números apresentados, pôde-se notar que economicamente, a congênera do mercado tem custos econômico menores (62,5%), e que financeiramente, a Câmara de Baixo custo tem um custo financeiro quase que

equivalente (2,6 % menor), de forma que financeiramente, não existe diferença entre operar a Câmara Alternativa ou o modelo Comercial.

5.6 Análise e Discussões

De acordo com a Comissão de Controle de Sementes Florestais os padrões mínimos de qualidade apontam germinação de 80% para *E. grandis* e 80% para *E. urograndis*. Portanto é possível concluir que as sementes de *E. grandis*, adquirida na empresa A, apresentam os padrões mínimos de poder germinativo e as sementes de *E. urograndis*, adquiridas na empresa B, não atendem os padrões mínimos de poder germinativo.

Os valores encontrados para germinação, índice de velocidade de germinação e velocidade de germinação para *E. phaeotricha* apresentados por Affonso et al. (2018), mostram que para valores de temperatura e umidades baixas, os testes de vigor também apresentam resultados baixos, indicando um menor vigor. O mesmo comportamento pode ser visto nas análises de Filho e Carvalho (2009) para *E. dunnii* e Jeromini et al. (2020) para *E. urophylla*. O RAS indica 25°C, para testes de germinação, para 40% das espécies de *Eucalyptus* citadas, temperatura onde é observado os valores com maior vigor para as sementes nos testes fisiológicos. Segundo Labouriau (1983) a faixa de temperatura ótima é aquela que apresenta a germinação máxima no menor tempo médio.

Segundo Carvalho e Nakagawa (2000) os efeitos sobre a velocidade de germinação e o total de germinação diferem, sendo que para temperaturas abaixo da ótima para total de germinação tendem a reduzir a velocidade do processo, expondo a plântula nascente por maior período de tempo a fatores adversos do ambiente. Com relação ao efeito sobre a uniformidade de germinação, Gulliver & Heydecker (1973) verificaram, com sementes de ervilha, que temperaturas próximas da ótima tendem a concentrar a germinação no período de tempo mais curto possível, ao passo que as temperaturas abaixo de ótima tendem a distribuir ao longo de um período relativamente longo (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000). Esse efeito é possível ser observado no tempo para considerar o experimento concluído, que para temperatura de 17,5°C foi maior.

Os resultados encontrados por Martins et al. (2014) apontam que há redução do desempenho germinativo, com a diminuição de disponibilidade de água, para cinco espécies de eucalipto diferentes. Os resultados encontrados, para umidades 1,0x o peso do substrato, mostram menor poder germinativo em comparação aos detectados a 2,25x o peso do substrato. O RAS indica valores de 2,0x a 3,0x o peso do substrato para teste de germinação, nesse intervalo foi observado maior poder germinativo para ambas as espécies, *E. grandis* e *E. urograndis*.

Desta forma conclui-se que a Câmara Alternativa pode sim, ser utilizada na realização de ensaios de Vigor em sementes.

No comparativo de gás carbônico equivalente, o valor calculado por repetição na câmara germinativa é 19% maior que o valor estimado para a câmara germinativa de mercado. Esse resultado aponta que não há ganho, na utilização da câmara de baixo custo, para possível compensação de carbono.

Na análise econômica a câmara germinativa de baixo custo aponta valor de R\$ 0,13 por repetição, resultado 62,5% maior quando comparado com o custo para câmara germinativa do mercado, calculado em R\$ 0,08. Porém a análise financeira apresenta custo de R\$ 0,38 por repetição para câmara germinativa de baixo custo, 3% menor que o custo da câmara germinativa do mercado com custo de R\$ 0,39.

Para pequenos produtores de sementes, com necessidades menores de amostragem, a câmara germinativa de baixo custo pode ser uma alternativa de menor investimento, para realização de testes de germinação e de vigor, em igualdade de custos por ensaio.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que a câmara germinativa de baixo custo foi capaz de apontar vigor relativo de sementes de *Eucalyptus grandis* para diferentes temperaturas e umidades.

Os testes de vigor apontaram maior sensibilidade das sementes de *E. grandis* e *E. urograndis* quando submetidas à uma temperatura abaixo da ótima e com diminuição da disponibilidade de água.

A câmara germinativa de baixo custo é uma alternativa viável para a realização de ensaios de vigor, assim como constitui-se como uma alternativa para que pequenos produtores possam submeterem suas sementes a análise de poder germinativo, à uma câmara operada pela própria associação e/ou Cooperativa.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, Carlos E. et al. Germination test of *Eucalyptus phaeotricha* seeds. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 653-657, Sept. 2018. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662018000900653&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 02 jun, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p653-657>.

BINOTTO, Alexandre Francisco et al. Análise de sementes florestais. In: HOPPE, Juarez Martins et al. **Produção de Sementes e Mudas Florestais**. 2. ed. Santa Maria, RS: Caderno Didático, 2004. cap. IV, p. 62-70. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília: MAPA/ACS, 2009.

BROOKER MIH, Kleinig DA. 2004. **Field guide to Eucalyptus**. 2nd edition, volume 3, Melbourne, Australia: Bloomings Books.

CARVALHO, Nelson Moreira de; NAKAGAWA, João. **Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção**. 4. ed. rev. e aum. Jaboticabal: Funep, 2000. 588 p. ISBN 85-87632-01-9.

FILHO, Ricardo Cetnarski; CARVALHO, Ruy Inácio Neiva de. Massa da amostra, substrato e temperatura para teste de germinação de sementes de *Eucalyptus dunnii* Maidens. **Ciência Florestal**, Santa Maria, ano 3, v. 19, n. 3, p. 257-265, jul. - set. 2009. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53413082003>. Acesso em: 19 nov. 2020.

GONÇALVES, José Leonardo de Moraes et al. Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, [s. l.], v. 301, p. 6-27, august 2013. DOI <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.12.030>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037811271200761X>. Acesso em: 8 out. 2020.

IBA - INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório 2019**. [S. l.: s. n.], 2019. 79 p. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

JEROMINI, Tatiane Sanches *et al.* Determinação de metodologia para o teste de germinação de sementes de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Myrtaceae). **Biotemas**, Florianópolis, ano 2, v. 33, junho 2020. DOI <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2020.e70268>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/biotemas/article/view/2175-7925.2020.e70268>. Acesso em: 19 nov. 2020.

KOTOWSKI, F. Temperature relations to germination of vegetable seed. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, 1926.

KRZYZANOWSKI, F.C.; NETO, J.B. França. Vigor de sementes. **Informativo ABRATES**, Londrina, ano 3, v. 11, p. 81-84, dezembro 2001.

KRZYZANOWSKI, Francisco Carlos; VIEIRA, Roberval Daiton; NETO, José de Barros França; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE SEMENTES; COMITÊ DE VIGOR DE SEMENTES. **Vigor de sementes: Cconceitos e Ttestes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Lima: Secretaria-Geral da OEA (Organização dos Estados Americanos), c1983. 173p. (OEA-Serie de Biologia. Monografia, 24).

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Volume2, Issue2, March–April 1962, pg. 176-177 1962. <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>

MARTINI, Augusto Jeronimo. **O plantador de eucaliptos: A questão da preservação florestal no brasil e o resgate documental do legado de Edmundo Navarro de Andrade**. Orientador: Heloísa Liberalli Bellotto. 2004. 320 p. Dissertação (Mestrado em História Social) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. DOI

10.11606/D.8.2004.tde-04062004-231644. Disponível em:
<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8138/tde-04062004-231644/publico/OplantadorDeEucaliptos1.pdf>. Acesso em: 8 out. 2020.

MARTINS, Cibele Chalita; PEREIRA, Maria Renata Rocha; LOPES, Maria Teresa Gomes. Germinação de sementes de eucalipto sob estresse hídrico e salino. **Bioscience Journal, Uberlandia**, ano 3, v. 30, p. 318-329, junho 2014. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18058>. Acesso em: 19 nov. 2020.

MORA, Admir Lopes; GARCIA, Carlos Henrique. **Eucalipto no Brasil: Eucalypt Cultivation in Brazil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 111 p.
 OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. Testes de vigor em sementes baseados no desempenho de plântulas. *Inter Science Place*, ano 2, n. 4, jan 2009. Disponível em: <http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_2186.pdf >. Acesso em: 02 jun. 2019.

PINÃ-RODRIGUES, Fátima C. M. *et al.* **Parâmetros Técnicos para Produção de Sementes Florestais**. 1. ed. Seropédica: EDUR, 2007.

RANAL, Marli A.; SANTANA, Denise Garcia de. How and why to measure the germination process? **Rev. bras. Bot.**, São, São Paulo ,Paulo v, v. 29, n. 1, p. 1-11 Mar, Mar. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84042006000100002&lng=en&nrm=iso>. access onAcesso em: 02 jun,June 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>.

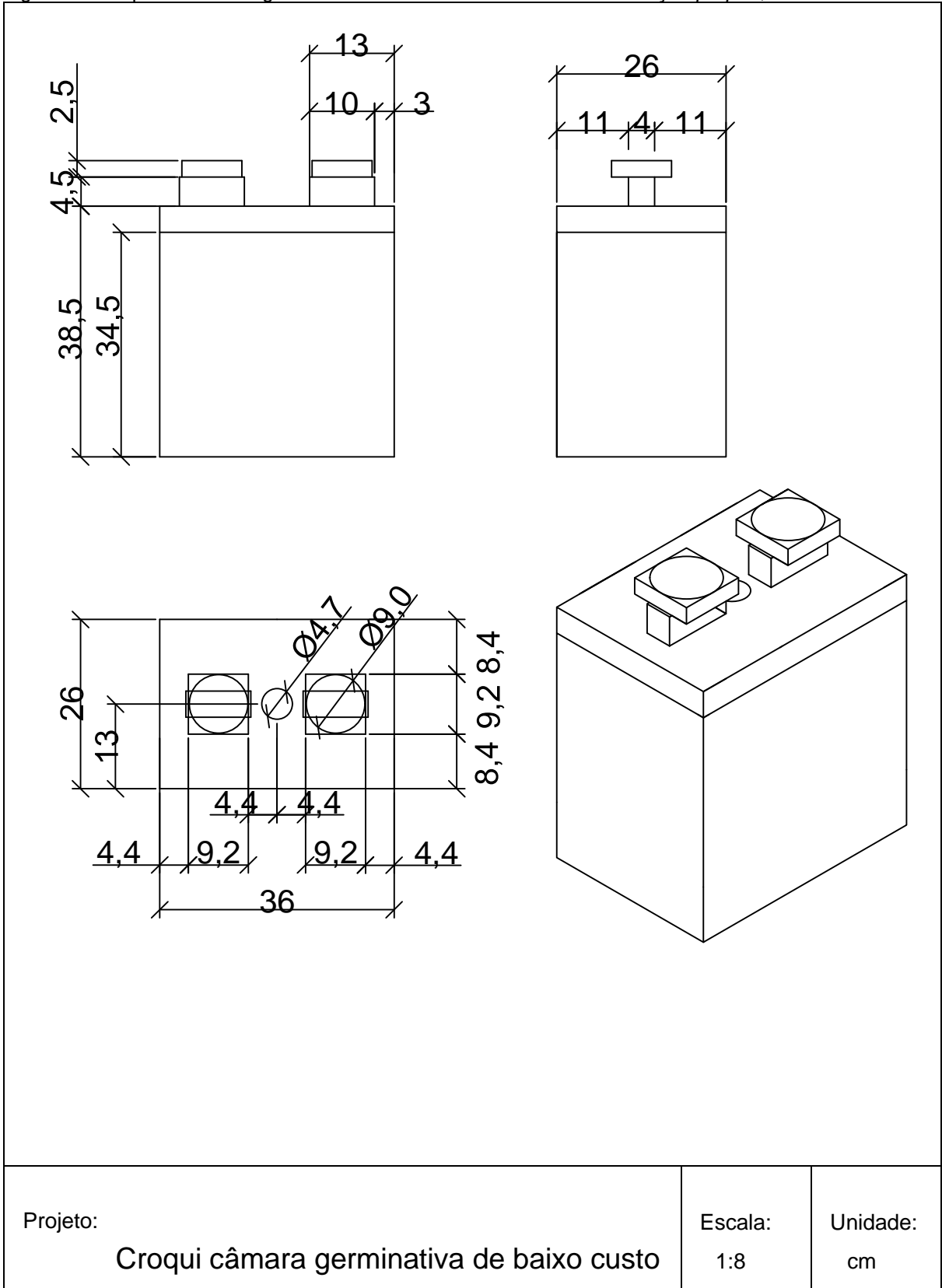
Scarpinella GA. **Reflorestamento no Brasil e o Protocolo de Quioto**. São Paulo, 2002, Dissertação (exigência para obtenção do título de mestre em energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia –IEE, Universidade de São Paulo.

TUNES, L.M.; OLIVO, F.; BADINELLI, P.G.; CANTOS, A.; BARROS, A.C.S.A. Testes de vigor em sementes de aveia branca. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.2, p.94-106. 2008.

WENDLING, Ivar; DUTRA, Leonardo Ferreira. **Produção de mudas de eucalipto**. 2. ed. rev. e aum. Brasília: Embrapa, 2017. 192 p. ISBN 978-85-7035-663-5.

8 ANEXO 1 – Croqui da câmara germinativa de baixo custo

Figura 9 -Croqui da câmara germinativa de baixo custo. Fonte: *Elaboração própria, 2020*



9 ANEXO 2 – Custo câmara germinativa de baixo custo

Tabela 20 - Custo câmara germinativa de baixo custo

Componentes	Quant.	Valor Unit. (R\$)	Valor Total (R\$)
Arduino Uno	1	55	55
Protoboard	1	12	12
Jumpers	1	23	23
Relay 4 Canais	1	25	25
RTC DS 1307 1 16 16	1	16	16
Módulo MicroSD	1	10	10
Cartão MicroSD	1	18	18
Sensor DHT22	2	50	100
Pastilha Peltier	2	28	56
Coolers	4	12	48
Fonte Chaveada	1	48	48
Luz de LED	1	28	28
Bocal	1	4	4
Pasta Térmica	1	6	6
Fio	1m	3	3
Tomada	1	3	3
Cola de Madeira	1	4	4
Cola de Isopor	1	4	4
Isopor 17L	1	15	15
Placa de E.V.A.	1m x 1m	25	25
Régua p/ Tomada	1	15	15
Total		404	518

Fonte: Pedro Peçanha (2019)

10 ANEXO 3 – Quadros de ANOVA

Tabela 21 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre germinação de sementes de *E. grandis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	84,67	42,33	4,85*
Umidade (U)	2	52,17	26,08	2,99 ^{ns}
T x U	4	47,67	11,92	1,37 ^{ns}
Resíduo	27	235,5	8,72	
Total	35	420		
CV				31,75%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 22 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre índice de velocidade de germinação de sementes de *E. grandis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	56,40	28,20	93,47*
Umidade (U)	2	16,87	8,43	27,96*
T x U	4	3,50	0,87	2,90*
Resíduo	27	8,15	0,30	
Total	35	84,91		
CV				14,16%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 23 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre velocidade de germinação de sementes de *E. grandis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	9,64	4,82	204,83*
Umidade (U)	2	2,69	1,34	57,03*
T x U	4	1,71	0,43	18,15*
Resíduo	27	0,64	0,02	
Total	35	14,67		
CV				6,27%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 24 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre coeficiente de velocidade de germinação de sementes de *E. grandis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	58,78	29,39	179,12*
Umidade (U)	2	19,45	9,73	59,28*
T x U	4	12,60	3,15	19,20*
Resíduo	27	4,43	0,16	
Total	35	95,26		
CV				9,87%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 25 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre germinação de sementes de *E. urograndis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	75,06	37,53	3,62*
Umidade (U)	2	70,39	35,19	3,40*
T x U	4	343,78	85,94	8,29*
Resíduo	27	279,75	10,36	
Total	35	768,97		
CV				54,41%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 26 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre índice de velocidade de germinação de sementes de *E. urograndis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	4,66	2,33	13,07*
Umidade (U)	2	1,40	0,70	3,94*
T x U	4	4,76	1,19	6,67*
Resíduo	27	4,81	0,18	
Total	35	15,63		
CV				19,91%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 27 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre velocidade de germinação de sementes de *E. urograndis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	52,07	26,04	679,53*
Umidade (U)	2	1,38	0,69	17,98*
T x U	4	0,10	0,03	0,68 ^{ns}
Resíduo	27	1,03	0,04	
Total	35	54,59		
CV				6,95%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 28 - Análise de variância dos efeitos da temperatura e umidade, sobre coeficiente de velocidade de germinação de sementes de *E. urograndis*

Fonte de variação	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F
Temperatura (T)	2	86,31	43,15	783,44*
Umidade (U)	2	2,55	1,27	23,12*
T x U	4	0,11	0,03	0,48 ^{ns}
Resíduo	27	1,49	0,06	
Total	35	90,45		
CV				6,60%

Fonte: Elaboração própria.