

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO

**MODELAGEM PARA A GERMINAÇÃO DE *Parapiptadenia
blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima
(FABACEAE)**

Edimara Ribeiro de Souza

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2021**

**MODELAGEM PARA A GERMINAÇÃO DE *Parapiptadenia blanchetii*
(Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)**

Edimara Ribeiro de Souza
Licenciada em Biologia
Universidade de Pernambuco, 2019

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Embrapa Mandioca e Fruticultura, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Andrea Vita Reis Mendonça

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Manuela Oliveira de Souza

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
2021**

FICHA CATALOGRÁFICA

S729m

Souza, Edimara Ribeiro de.
Modelagem para a germinação de
Parapiptadenia blanchetii (Benth.) Vaz & M. P. Lima
(Fabaceae) / Edimara Ribeiro de Souza. Cruz das
Almas, Bahia, 2021.
89f.; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal
do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias,
Ambientais e Biológicas, Mestrado em Recursos
Genéticos Vegetais.

Orientadora: Prof. Dra. Andrea Vita Reis
Mendonça.

Coorientadora: Prof. Dra. Manuela Oliveira de
Souza.

1.Ciências florestais – Espécies nativas.
2.Espécies florestais – Propagação. 3.Sementes
florestais – Análise. I.Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias,
Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 634.92

Ficha elaborada pela Biblioteca Central de Cruz das Almas - UFRB.
Responsável pela Elaboração - Antonio Marcos Sarmento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).
(os dados para catalogação foram enviados pela usuária via formulário eletrônico).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS VEGETAIS
CURSO DE MESTRADO**

**MODELAGEM PARA A GERMINAÇÃO DE *Parapiptadenia blanchetii*
(Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Edimara Ribeiro de Souza

Aprovado em: 30 de novembro de 2021

Prof.^a Dr.^a Andrea Vita Reis Mendonça
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
(Orientadora)

Prof.^a Dr.^a Alone Lima Brito
Universidade Estadual de Feira de Santana
(Examinadora Externa)

Prof.^a Dr.^a Luciana Botezelli
Universidade Federal de Alfenas
(Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, aos meus pais e esposo Paulo Henrique por todo apoio, amor e carinho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida e por guiar meus passos.

Aos meus pais Reginaldo de Souza e Maria das Neves Ribeiro de Souza, pelo amor, carinho, dedicação e incentivo.

Ao meu esposo Paulo Henrique pelo companheirismo, incentivo e compreender meus momentos de ausência.

A todos os meus familiares e amigos que torceram por mim.

A minha orientadora professora Dra. Andrea Vita Reis Mendonça pela orientação, conselhos, conhecimentos transmitidos, por toda atenção, paciência e por estar sempre disposta a ajudar.

A minha coorientadora professora Dra. Manuela Oliveira de Souza pela coorientação, por todo conhecimento compartilhado, apoio, carinho e disponibilidade em me ajudar.

Aos meus colegas de laboratório Josemara, Rodrigo, Diogo, Loreno, Jiovana e Edvânia por me ajudarem nas coletas, beneficiamento e análises.

Aos meus colegas de Mestrado por todas as conversas, experiências e conhecimentos compartilhados, em especial as minhas amigas Laís Reis e Josimare Queiroz. Muito obrigada pela amizade de todos.

Aos funcionários do complexo de Engenharia Florestal Gabriela, Seu Hélio e Elias por todo suporte na realização dos experimentos, conversas e histórias compartilhadas.

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) pelo espaço para realização deste trabalho. Ao programa de pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, que proporcionou minha formação. A Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio a pesquisa e pela concessão da bolsa.

Ao Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) pelo Convênio firmado com a UFRB, criando o Centro de Referência em Restauração Florestal – Mata Atlântica que proporcionou a realização deste trabalho.

A todos que colaboraram de forma direta e indiretamente para a realização deste projeto.

Muito obrigada.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser, mas graças a Deus, não somos o que éramos”.

Martin Luther King

MODELAGEM PARA A GERMINAÇÃO DE *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)

RESUMO: O território brasileiro destaca-se pela grande diversidade de espécies nativas florestais, para compreender os potenciais de utilização das espécies é preciso investigar o modo de propagação. A *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) é uma espécie nativa, de hábito arbóreo, os estudos com a espécie são limitados à taxonomia e áreas de ocorrência. Além disso, a escolha das variáveis e a forma de análise empregada são etapas importantes no desenvolvimento de trabalhos científicos com sementes. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo identificar a temperatura ótima para testes de germinação de sementes de *P. blanchetii*, analisar a modelagem e as variáveis empregadas em estudos de temperatura de germinação, e determinar a duração do teste de germinação com emprego de regressão segmentada. As sementes utilizadas foram obtidas de frutos coletados no município de Cruz das Almas-BA. No capítulo I foi realizada uma busca no Portal de Periódicos CAPES e no Google Acadêmico sobre as medidas de germinação utilizadas nos artigos científicos durante os anos de 2019 a junho de 2021, buscando-se o termo “temperatura de germinação” (inglês e português). Foi realizado testes de germinação para identificar a temperatura ótima, nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C. No capítulo II foi realizado testes de germinação ajustado por modelos de regressão response-platô para determinar a duração dos testes de germinação em resposta as temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C. Os resultados demonstram que a temperatura não influenciou na porcentagem de germinação e plântulas normais mantendo-se maior que 80% para ambas as variáveis. As temperaturas entre 26 °C a 28 °C expressaram maior comprimento das plântulas. Os modelos lineares generalizados apresentam qualidade de ajuste para dados binomiais e podem substituir a análise de variância, principalmente quando os dados não atendem às pressuposições. As variáveis tempo para 50% da germinação e uniformidade de germinação com o emprego de modelos lineares generalizados, família Poisson ou quasipoisson, são indicados, quando os pressupostos da análise de variância não são atendidos. O menor tempo para a condução do teste de germinação foi nas temperaturas de 30 e 35 °C, considerando a protrusão da radícula recomenda-se única contagem no quarto dia após a semeadura e aos seis e nove dias considerando a formação de plântulas normais.

Palavras-chave: Análise de variância; espécie florestal; modelos lineares generalizados; temperatura; teste de germinação.

**MODELING FOR THE GERMINATION OF *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.)
Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)**

ABSTRACT: The Brazilian territory stands out for the great diversity of native forest species, in order to understand the potential use of these species, it is necessary to investigate the propagation method. *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) is a native species, with arboreal habit, studies with the species are limited to taxonomy and areas of occurrence. Furthermore, the choice of variables and the form of analysis used are important steps in the development of scientific work with seeds. In this sense, this study aimed to identify the optimal temperature for germination tests of *P. blanchetii* seeds, to analyze the modeling and variables used in germination temperature studies, and to determine the duration of the germination test using segmented regression. The seeds used were obtained from fruits collected in the municipality of Cruz das Almas-BA. In chapter I, a search was performed on the CAPES Journal Portal and on Google Scholar about the germination measurements used in scientific papers from 2019 to June 2021, searching for the term "germination temperature" (English and Portuguese). Germination tests were carried out to identify the optimal temperature, at temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C. In chapter II, germination tests adjusted by response-plateau regression models were performed to determine the duration of the germination tests in response to temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C. The results show that temperature did not influence the percentage of germination and normal seedlings, remaining above 80% for both variables. Temperatures between 26 °C to 28 °C expressed greater seedling length. Generalized linear models have good fit for binomial data and can replace analysis of variance, especially when the data do not meet the assumptions. The variables time for 50% of germination and germination uniformity using generalized linear models, Poisson family or quasipoisson, are indicated when the assumptions of the analysis of variance are not met. The shortest time to conduct the germination test was at temperatures of 30 and 35 °C, considering the protrusion of the radicle, a single count is recommended on the fourth day after sowing and at six and nine days considering the formation of normal seedlings.

Keywords: Analysis of variance; forest species; generalized linear models; temperature; germination test.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

- Tabela 1.** Modelos de regressão não linear para descrever a curvas de germinação em função do tempo para *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a diferentes temperaturas. 26
- Tabela 2.** Testes de homocedasticidade (teste de Bartlett) e normalidade de resíduos (teste de Shapiro-Wilk) para variáveis de germinação e desenvolvimento pós seminal de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima. 27
- Tabela 3.** Análise e desvio para germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a diferentes temperaturas, por Modelos Lineares Generalizados (ANODEV) e pela análise de variância (ANOVA).28
- Tabela 4.** Porcentagem de utilização das variáveis analisadas nos artigos do levantamento bibliográfico sobre temperatura de germinação entre 2019 a 2021. ...32
- Tabela 5.** Limites do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CV%) do percentual de germinação e plântulas normais construído a partir do levantamento de artigos sobre temperatura de germinação entre 2019 a 2021. 32
- Tabela 6.** Análise descritiva do percentual de germinação, plântulas normais, anormais e sementes mortas de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima submetidas a diferentes temperaturas. 34
- Tabela 7.** Análise de variância que testa a influência da temperatura no comprimento da parte aérea (PA) e comprimento radicular (CR) em sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima 35
- Tabela 8.** Limites do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CV%) do comprimento da raiz (CR) e comprimento da parte aérea (PA) construído a partir dos artigos analisados na pesquisa bibliográfica entre os anos de 2019 a 2021. 37
- Tabela 9.** Limites do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CV%) do tempo médio de germinação (TM) construído a partir dos artigos analisados na pesquisa bibliográfica entre os anos de 2019 e 2021. 41
- Tabela 10.** Limites do intervalo de confiança do coeficiente de variação (CV%) do índice de velocidade de germinação (IVG) construído a partir dos artigos analisados na pesquisa bibliográfica entre os anos de 2019 e 2021. 46
- Tabela 11.** Análise de variância do índice de sincronização da germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a temperatura. 49

Tabela 12. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 20 °C.	52
Tabela 13. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 25 °C.	54
Tabela 14. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 30 °C.	56
Tabela 15. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 35 °C.	58
Tabela 16. Tempo para sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima, atingirem 37% (T ₃₇) e 50% (T ₅₀) da máxima germinação (Máx %G) em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C), e estimados por diferentes modelos.....	60

Capítulo 2

Tabela 1. Comparação dos modelos response-platô quadrático e linear para curva de germinação (protrusão raiz primária) de sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima em diferentes temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C.....	79
Tabela 2. Comparação dos modelos response-platô quadrático e linear para curva de formação de plântulas normais de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C.	79
Tabela 3. Duração do teste de germinação em ambiente controlado para sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C.....	81

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função de diferentes temperaturas. A- comprimento da parte aérea de plântulas (CPA); B- comprimento da raiz de plântulas (CR).	36
Figura 2. Tempo médio de germinação (TM) em sementes de <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima submetidas a diferentes temperaturas.	39
Figura 3. Tempo de 50% de germinação (T ₅₀) de sementes <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função de diferentes temperaturas.....	43

Figura 4. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função de diferentes temperaturas..... 45

Capítulo 2

Figura 1. Tempo de estabilização para a germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a temperatura. A: 20 °C; B: 25 °C; C: 30 °C e D: 35 °C..... 80

Figura 2. Tempo de estabilização para a formação de plântulas normais de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a temperatura. A: 20 °C; B: 25 °C; C: 30 °C e D: 35 °C..... 81

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	14
MEDIDAS DE GERMINAÇÃO E MODELAGEM EM ESTUDOS DE TEMPERATURA: <i>Parapiptadenia blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE).....	17
1.1 INTRODUÇÃO	20
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	21
1.2.1 Pesquisa bibliográfica	21
1.2.2 Caracterização local	22
1.2.3 Condução do experimento e teste de germinação	22
1.2.4 Variáveis mensuradas	22
1.2.5 Análise das variáveis de proporção	24
1.2.6 Análise das variáveis contínuas	25
1.2.7 Análise das variáveis T_{50} e Uniformidade de germinação (U_{8416})	25
1.2.8 Ajuste das curvas de germinação	25
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
1.3.1 Variáveis de proporção	27
1.3.2 Comprimento de plântula	35
1.3.3 Tempo médio de germinação (TM)	38
1.3.4 Tempo para 50% da germinação (T_{50})	42
1.3.5 Índice de velocidade de germinação (IVG)	45
1.3.6 Coeficiente de uniformidade de germinação (CUG)	47
1.3.7 Uniformidade de germinação (U_{8416})	47
1.3.8 Índice de sincronização	48
1.3.9 Curvas de germinação em resposta a temperatura	50
1.4 CONCLUSÃO	60
1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	62
DURAÇÃO DE TESTE DE GERMINAÇÃO PARA SEMENTES DE <i>Parapiptadenia</i> <i>blanchetii</i> (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE).....	71
2.1 INTRODUÇÃO	74
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	76
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
2.4 CONCLUSÃO	84
REFERÊNCIAS	85

INTRODUÇÃO GERAL

Parapiptadenia blanchetii (Benth.) Vaz & M. P. Lima é uma espécie nativa, de hábito arbóreo, pertencente à família Fabaceae, conhecida popularmente por fava, faveiro, fava-preta e fava-cabocla. Está distribuída na região nordeste nos estados da Bahia e Pernambuco. Ocorre nos biomas da Caatinga e Mata Atlântica (Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Ombrófila) e suas árvores podem alcançar de 5 a 10 m de altura (RIBEIRO et al., 2016; FLORA DO BRASIL, 2020).

O território brasileiro destaca-se pela grande diversidade de espécies nativas florestais, porém a escassez de estudos dificulta conhecer o potencial de uso dessas espécies. Logo, testes são essenciais para indicar melhores condições de germinação e garantir a viabilidade das sementes (FERNANDES et al., 2019).

Os estudos com a *P. blanchetii* são limitados, na literatura os trabalhos com a espécie concentram-se em características taxonômicas e áreas de ocorrência (LIMA et al., 1984; RIBEIRO et al., 2016). Além disto, até o presente momento não foram encontrados trabalhos sobre condução de teste de germinação, temperatura ideal para a germinação ou potencial de uso da espécie.

Neste sentido, objetivou-se com este estudo identificar a temperatura ótima para testes de germinação de *P. blanchetii*, ao mesmo tempo que analisa a modelagem e as variáveis empregadas em estudos de germinação com foco na temperatura e determinar a duração do teste de germinação com emprego de regressão segmentada.

Esta dissertação foi organizada em dois capítulos. No primeiro capítulo intitulado “Medidas de germinação e modelagem em estudos de temperatura: *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (Fabaceae)” será apresentado a análise do teste de germinação em resposta a temperatura por diferentes modelos estatísticos e análise dos artigos sobre temperatura de germinação obtidos a partir do levantamento bibliográfico. No segundo capítulo intitulado “Duração de teste de germinação para sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (Fabaceae)” será apresentado o tempo de condução para testes de germinação em diferentes temperaturas, aplicando-se modelos de regressão segmentado response-platô.

É importante ressaltar que este trabalho foi desenvolvido no período de pandemia do novo Coronavírus SARS-Cov2 e que devido às restrições de isolamento social foi inviável a realização de trabalhos em laboratório e coleta de sementes em campo. A pandemia da Covid-19 afetou Instituições de Ensino Superior de todo o mundo, as medidas de distanciamento social inviabilizaram atividades presenciais. Sendo necessária a adaptação de docentes e discentes as atividades remotas, assim como ao desenvolvimento de trabalhos científicos (GUSSO et al., 2020).



Figura 1. *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima, A- semente alada; B- ramo com frutos. Fonte: Ribeiro et al. (2016).

REFERÊNCIAS

FERNANDES, R. M.; ABREU, C. A. A.; Pina, J. C.; OLIVEIRA, A. K. M. Seed germination and seedling formation of *Eugenia stictopetala* (Myrtaceae) under different environmental conditions. **Floresta**, v. 49, n. 4, p. 869-876, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v49i4.62077>

GUSSO, H. L.; ARCHER, A. B.; LUIZ, F. B.; SAHÃO, F. T.; LUCA, G. G. D.; HENKLAIN, M. H. O.; GONÇALVES, V. M. Ensino superior em tempos de pandemia: diretrizes à gestão universitária. **Educação & Sociedade**, v. 41, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/ES.238957>

LIMA, M. P. M.; LIMA, H. C. *Parapiptadenia Brenan* (Leguminosae-Mimosoideae)-Estudo taxonômico das espécies brasileiras. **Rodriguésia**, p. 23-30, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-78601984366004>

MORIM, M. P. 2020. *Parapiptadenia* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB18917>>. Acesso em: 08 de mai. de 2021.

RIBEIRO, J. E. S.; LEITE, A. P.; NÓBREGA, J. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; ALBUQUERQUE, M. B. Temperatures and substrates for germination and vigor of *Erythroxylum paufferense* Plowman seeds. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, p. e46030-e46030, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v41i1.46030>

CAPÍTULO 1

**MEDIDAS DE GERMINAÇÃO E MODELAGEM EM ESTUDOS DE
TEMPERATURA: *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima
(FABACEAE)**

**MEDIDAS DE GERMINAÇÃO E MODELAGEM EM ESTUDOS DE
TEMPERATURA: *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima
(FABACEAE)**

RESUMO: Nos testes de germinação em condições controladas a escolha das variáveis empregadas para compreender o efeito da temperatura na germinação, e a forma de análise destas variáveis são etapas fundamentais no planejamento de estudos em ciências de sementes. Este trabalho teve como objetivo identificar a temperatura ótima para testes de germinação de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.), ao mesmo tempo em que analisa a modelagem e as variáveis empregadas em estudos com esta abordagem. Foi realizada uma busca no Portal de Periódicos CAPES e no Google Acadêmico sobre as medidas de germinação utilizadas nos artigos científicos durante os anos de 2019 a junho de 2021, buscando-se o termo “temperatura de germinação” (inglês e português), totalizando 131 trabalhos. As sementes de *P. blanchetii*, utilizadas no estudo foram obtidas de frutos coletados em duas matrizes situadas no município de Cruz das Almas-BA. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, correspondentes às temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, e quatro repetições de 25 sementes. A análise de variância (ANOVA) foi empregada em 72,5% dos trabalhos. No entanto 15,8% dos artigos realizaram a transformações de dados sem a verificação prévia do atendimento dos pressupostos e 62,2% dos artigos que averiguaram os pressupostos, verificaram o não atendimento dos mesmos. Os modelos lineares generalizados (MGL) foi empregado em 10,7% dos trabalhos. Em relação às variáveis utilizadas nos estudos a germinação foi empregada em 69,5 %, plântulas normais em 13,7%, comprimento de plântula em 8,4%, tempo médio de germinação (TM) em 20,6%, taxa de germinação em 9,9%, tempo para 50% da germinação (T50) em 9,2%, índice de velocidade de germinação (IVG) em 25,2%, uniformidade de germinação (U8416) em 0,8%, índice de sincronização em 2,3% e o coeficiente de uniformidade (CUG) não foi encontrado nos artigos analisados. Além disso, o coeficiente de variação foi pouco informado nos artigos. Os resultados da análise do teste de germinação indicam que a temperatura não influenciou a variável porcentagem de germinação, plântulas normais, anormais e mortas. Porém a temperatura influenciou o comprimento das plântulas, que expressaram maior vigor entre 26 °C a 28 °C. A porcentagem de germinação e plântulas normais foi maior que 80%, logo, não foi possível definir as temperaturas cardiais da *P. blanchetii*, sendo recomendado a realização de novos estudos em uma faixa de temperatura mais ampla. Esta pesquisa fornece subsídio para a realização de trabalhos futuros sobre os modelos aplicados em estudos de germinação e as variáveis utilizadas. A partir da análise dos artigos revisados pode-se inferir que a as variáveis tempo médio de germinação (TM), índice de velocidade de germinação (IVG) e coeficiente de uniformidade de germinação (CUG) nem sempre apresentam bom desempenho em estudos sobre efeito da temperatura na germinação.

Palavras chaves: Análise de variância; espécie florestal; modelos lineares generalizados; temperatura.

**GERMINATION AND MODELING MEASURES IN TEMPERATURE STUDIES:
Parapiptadenia blanchetii (Benth.) Vaz & M.P.Lima (FABACEAE)**

ABSTRACT: In germination tests under controlled conditions, the choice of variables used to understand the effect of temperature on germination, and the way these variables are analyzed, are fundamental steps in planning studies in seed science. This work aimed to identify the optimal temperature for germination tests of *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.), while analyzing the modeling and variables used in studies with this approach. A search was performed on the CAPES Journal Portal and on Google Scholar about the germination measurements used in scientific papers from 2019 to June 2021, searching for the term "germination temperature" (English and Portuguese), totaling 131 works. The seeds of *P. blanchetii*, used in the study, were obtained from fruits collected in two matrices located in the municipality of Cruz das Almas-BA. The experiments were carried out in a completely randomized design, with four treatments, corresponding to temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C, and four replications of 25 seeds. Analysis of variance (ANOVA) was used in 72.5% of the studies. However, 15.8% of the papers carried out data transformations without prior verification of compliance with the assumptions and 62.2% of the papers that investigated the assumptions, found that they were not met. Generalized linear models (GLM) were used in 10.7% of the works. Regarding the variables used in the studies, germination was used in 69.5%, normal seedlings in 13.7%, seedling length in 8.4%, mean germination time (MT) in 20.6%, germination rate in 9.9%, time to 50% germination (T50) in 9.2%, germination speed index (GSI) in 25.2%, germination uniformity (U8416) in 0.8%, synchronization index in 2.3% and the uniformity coefficient (GUC) was not found in the analyzed papers. Furthermore, the coefficient of variation was poorly reported in the papers. The results of the analysis of the germination test indicate that temperature did not influence the variable percentage of germination, normal, abnormal and dead seedlings. However, the temperature influenced the length of the seedlings, which expressed greater vigor between 26 °C and 28 °C. The percentage of normal germination and seedlings was greater than 80%, therefore, it was not possible to define the cardinal temperatures of *P. blanchetii*, being recommended that further studies be carried out in a wider temperature range. This research provides support for future work on the models applied in germination studies and the variables used. From the analysis of the reviewed papers, it can be inferred that the mean germination time (MT), germination speed index (GSI) and germination uniformity coefficient (GUC) variables do not always perform well in studies on the effect of temperature in germination.

Keywords: Analysis of variance; forest species; generalized linear models; temperature.

1.1 INTRODUÇÃO

As pesquisas de espécies florestais sobre análises de sementes têm ganhado destaque na comunidade científica, propondo fornecer informações sobre a qualidade das sementes, tanto para a sua preservação, quanto para o uso das espécies (MONDO et al., 2008). Estudos sobre as atividades farmacológicas, nutricionais e antioxidantes de representantes do gênero *Parapiptadenia* podem ser encontrados (ARAÚJO et al., 2014; OLIVEIRA, 2017; SILVEIRA et al., 2019), contudo, trabalhos com a *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) são escassos, e limitam-se a taxonomia e distribuição geográfica (LIMA et al. 1984; RIBEIRO et al. 2016).

No entanto, antes de compreender os possíveis potenciais de utilização farmacológicos ou investigar compostos que podem ser bioprospectados, é preciso investigar o modo de propagação das espécies nativas. A falta de informações básicas relacionadas a testes de germinação dificulta a avaliação da qualidade das sementes, sobretudo quando existe a necessidade de comparar dados laboratoriais e de campo (ANDRADE et al., 2000).

A temperatura é um dos principais fatores que afetam a germinação da semente, e está relacionada às condições de adaptações fisiológicas e ambientais da área de ocorrência das espécies (BRANCOLIN et al., 2010). Portanto, são muitos os estudos desenvolvidos sobre a temática da temperatura na germinação, com diferentes abordagens, por exemplo: tecnologia de sementes, para definição de temperatura ótima para germinação das espécies; ecologia e fisiologia, com enfoque na relação da germinação com as condições ambientais da área de ocorrência da espécie; e tolerância térmica, principalmente no cenário de mudanças climáticas.

Nos testes de germinação em condições controladas ou em campo, a escolha das variáveis empregadas para compreender o efeito da temperatura na germinação, e a forma de análise destas variáveis são etapas fundamentais no planejamento de estudos em ciências de sementes. Santana e Ranal (2004) e Carvalho et al. (2018) são importantes referências que abordam aspectos de mensuração de variáveis e análise de dados em experimentos de germinação. Entretanto, o desenvolvimento de novos estudos é necessário para o aperfeiçoamento da modelagem nos trabalhos de germinação.

Neste contexto, este trabalho teve como objetivo identificar a temperatura ótima para testes de germinação de *P. blanchetii*, ao mesmo tempo em que analisa a modelagem e as variáveis empregadas em estudos com esta abordagem.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Pesquisa bibliográfica

Foi realizado um levantamento bibliográfico para atender a busca sobre as medidas de germinação utilizadas nos artigos científicos publicados sobre esta temática. A pesquisa foi realizada na base de dados do Portal de Periódicos da CAPES e no Google Acadêmico.

No Portal de Periódicos CAPES a busca dos artigos foi feita utilizando o termo “Germination temperature”, o recorte temporal aplicado foi de 2019 a junho de 2021. Desta busca resultaram 200 artigos investigados, após a pré-análise 98 foram descartados do levantamento, por não aderirem ao tema investigado, logo, foram selecionados 102 artigos. Na base Google Acadêmico a busca foi realizada com o termo “Temperatura germinação” e aplicado o filtro temporal de 2020 a junho de 2021. Após a pré-seleção dos artigos encontrados foram selecionados 29 artigos.

Portanto, foram utilizados 131 artigos publicados entre os anos de 2019 a 2021, desconsiderando dissertações, teses e correlatos. Todos os artigos selecionados abordaram o tema de efeito da temperatura na germinação de espécies agrícolas e florestais. No fichamento detalhado destes artigos observou-se, principalmente, as variáveis utilizadas e os métodos de análises de dados empregados.

O coeficiente de variação é utilizado como indicativo de precisão nos estudos da ANOVA. Com os valores de coeficientes de variação das variáveis analisadas, informados nos artigos revisados, realizou-se análise descritiva e construiu-se intervalo de confiança pelo método de intervalo percentil com correção de viés (BCa), com o emprego do pacote “boot” (CANTY; RIPLEY, 2019) no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). A classificação da magnitude do coeficiente de variação das variáveis observadas foi realizada conforme Costa et al. (2002).

1.2.2 Caracterização local

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal do setor de Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus de Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

As sementes de *P. blanchetii* utilizadas no estudo foram obtidas de frutos coletados no dia 27 de setembro de 2018 em duas matrizes situadas no município de Cruz das Almas-BA (12°39'21.1"S/ 39°04'56.2W) com altitude média de 225 m. Conforme a classificação de Köppen o clima da região é de transição de Am para Aw (tropical subúmido a seco). O mês com temperaturas mais amenas apresenta-se superior a 18 °C e o mais seco com precipitação igual ou superior a 60 mm, a temperatura média anual é de 24,2 °C, com umidade relativa anual de 80% e pluviosidade média anual de 1200 mm.

1.2.3 Condução do experimento e teste de germinação

As sementes foram obtidas a partir do beneficiamento manual dos frutos. Uma parte das sementes foi separada para a determinação do grau de umidade (11,30%), pelo método da estufa a 105 °C por 24 horas (BRASIL, 2009). As sementes destinadas aos testes de germinação foram mantidas em recipiente de vidro em ambiente de laboratório, até a montagem dos experimentos, no dia 10 de outubro de 2018.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, que correspondem às temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, com quatro repetições de 25 sementes. Utilizou-se como substrato, papel de germinação, umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel (BRASIL, 2009). Os rolos de papel foram acondicionados em sacos plásticos transparentes, para a manutenção da umidade e depositados em câmaras de germinação do tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) com controle de temperatura e fotoperíodo de 12h de luz.

1.2.4 Variáveis mensuradas

Foram realizadas contagens diárias das seguintes variáveis: número de sementes germinadas, conforme o critério de protrusão de raiz (BEWLEY et al., 2013); número de sementes mortas, correspondente aquelas que degradaram durante o período de avaliação; números de plântulas normais, àquelas com todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas e proporcionais (BRASIL, 2009) e número de plântulas anormais. As contagens foram realizadas diariamente, por 22 dias, quando se verificou a estabilização da germinação. Aos 22 dias, em todos os tratamentos, observou-se ausência de sementes duras, ou seja, todas as sementes viáveis formaram plântulas normais ou anormais. Durante o teste, as plântulas normais foram removidas assim que contabilizadas e mensuradas quanto ao comprimento da parte aérea e da raiz.

O tempo médio de germinação (TM) foi mensurado conforme fórmula proposta por Labouriau (1983), como a média ponderada do tempo de germinação (SANTANA; RANAL, 2004). O número de sementes germinadas no intervalo de tempo é utilizado como peso:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i t_i}{\sum_{i=1}^k n_i}$$

sendo, t_i o tempo do início do experimento e a i -ésima observação (dia ou hora); n_i o número de sementes que germinaram no tempo t_i (número referente a observação da i -ésima); k último tempo de germinação das sementes.

O índice de velocidade de germinação (IVG) é baseado no número de dias necessários para que as sementes completem o processo de germinação, calculado pela fórmula proposta por Goodchild e Walker (1971) (SANTANA; RANAL, 2004):

$$T = \sum_{i=1}^t g_i (t - j), \text{ sendo: } j = i - 1,$$

sendo, g_i germinação no intervalo de tempo i (i variando de um a t); t número total de intervalos de germinação do experimento.

O coeficiente de uniformidade de germinação (CUG) que mede a variabilidade do tempo de germinação para cada semente em torno do tempo médio (SANTANA; RANAL, 2004) discutido nesse estudo foi calculado pela seguinte expressão:

$$CUG = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_i}{\sum_{i=1}^{\infty} (\bar{D} - D_i)^2 n_i}, \text{ sendo: } \bar{D} = \frac{100}{CRG} \text{ e } CRG = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} n_i}{\sum_{i=1}^{\infty} D_i n_i} 100,$$

sendo, n_i = número de sementes que germinaram no i -ésimo dia; D_i = número de dias contados da instalação do experimento até o dia da leitura (i).

O índice de sincronização que quantifica a variação da germinação ao longo do tempo (SANTANA; RANAL, 2004) foi calculada a partir da expressão:

$$\bar{E} = - \sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i,$$

sendo, f_i = a frequência relativa de germinação; \log_2 = logaritmo de base 2; k = último dia de observação.

A uniformidade de germinação é obtida pelo tempo entre dois percentis de germinação, sendo medida pela diferença do número de dias para germinação de 84% das sementes menos o número de dias para germinação de 16% (U8416) (BEWLEY et al., 2013).

O tempo em que metade da porcentagem da germinação máxima é alcançada (T50), sendo equivalente à mediana (BEWLEY et al., 2013) foi obtido de duas maneiras diferentes, por observação em cada repetição da germinação acumulada, conforme Duncan et al. (2019) e pelo ajuste de curva de germinação pelo modelo logístico, conforme Sousa et al. (2014).

1.2.5 Análise das variáveis de proporção

Para verificar o efeito da temperatura nas variáveis de proporção, ou seja, de distribuição binomial (percentual de germinação, plântulas normais, plântulas anormais e de sementes mortas), empregou-se dois tipos de análise: a análise de variância (ANOVA) e modelos lineares generalizados (MGL).

Os modelos lineares generalizados foram aplicados para análise das variáveis (componente aleatório): número de sementes germinadas, plântulas normais, plântulas anormais e de sementes mortas. O componente sistemático correspondeu aos tratamentos empregados, às temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C. As inferências da análise da deviance (ANODEV), com distribuição binomial e função de ligação logit foram baseadas na estatística Chi-Square. Na verificação de sub ou superdispersão, empregou-se o ajuste pela família quasibinomial, conforme Diniz e Thiele (2021).

Realizou-se análise de variância (ANOVA) com avaliação de pressupostos, para percentual de sementes germinadas, plântulas normais, plântulas anormais e de sementes mortas. Os testes para verificar os pressupostos foram: Shapiro-Wilk, para verificar a distribuição normal de resíduos e Bartlett para homocedasticidade. As análises foram realizadas no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

1.2.6 Análise das variáveis contínuas

O comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR), tempo médio de germinação (TM), índice de velocidade de germinação (IVG), coeficiente de uniformidade de germinação (CUG) e índice de sincronização foram avaliados por análise de variância, com verificação de pressupostos pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, seguidos por análise de regressão. As análises foram realizadas no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

1.2.7 Análise das variáveis T_{50} e Uniformidade de germinação (U_{8416})

Para as variáveis T_{50} e U_{8416} empregou-se análise de variância, com verificação de pressupostos pelos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett. Na verificação do não atendimento dos pressupostos, empregaram-se modelos lineares generalizados para distribuição Poisson ou quasi-poisson, conforme Diniz e Thiele (2021), por entender que as variáveis se referem à contagem de número de dias. As análises foram realizadas no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

1.2.8 Ajuste das curvas de germinação

Para análise das curvas de germinação foram ajustados os modelos não lineares Hill, Exponencial, Logístico, Gompertz, Von Bertalanffy e Weibull (Tabela 1). Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método dos mínimos quadrados e Gauss-Newton usando a função nls no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). Para a seleção do modelo mais adequado empregou-se: o valor da deviance, desvio padrão, coeficiente de determinação (R^2),

critério de informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974) e o Bayesiano (BIC) (SCHUWARZ, 1978).

Tabela 1. Modelos de regressão não linear para descrever a curvas de germinação em função do tempo para *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a diferentes temperaturas.

Modelos	Funções
Hill (Amorim et al., 2019)	$Y = a + ((b * (x^c)) / ((d^c) + (x^c)))$
Exponencial (Ganzola et al., 2017)	$Y = a - (b * (\exp(-c * x)))$
Logístico (Sousa et al., 2014)	$Y = a / (1 + \exp(-c * (x - b)))$
Gompertz (Sousa et al., 2014)	$Y = a * \exp(-\exp(c * (x - b)))$
Von Bertalanffy (Senra, 2015)	$Y = a * (1 - (b * (\exp(-c * x))))^3$
Weibull (Senra, 2015)	$Y = a - b * \exp(-\exp(-c * (x^d)))$

O modelo Hill (AMORIM et al., 2019) determina que, y = germinação acumulada no tempo (x); a = intercepto do eixo x ; b = máxima germinação acumulada; c = controla a forma da curva; d = corresponde a velocidade de 50%. O modelo Exponencial (GANZOLA et al., 2017) define a = germinação assintótica; b = relacionado com o intercepto; c = taxa média do aumento do percentual de germinação ao longo do tempo.

No modelo Logístico e Gompertz dado por Sousa et al. (2014), em que, a = a maior porcentagem de germinação acumulada; b = crescimento relativo ao ponto de inflexão; c = é o tempo para 37% da germinação de y ; y = germinação acumulada no tempo; \exp = base do logaritmo neperiano e x = o valor da variável independente (tempo necessário para a germinação).

O modelo Von Bertalanffy (SENRA, 2015) determina que, a = é o valor assintótica; b = um parâmetro de escala, constante de integração; c = índice de maturidade, velocidade de crescimento; \exp = valor para o máximo crescimento e x = i -ésima da variável independente.

Para o modelo Weibull (SENRA, 2015), y = a porcentagem de germinação; a = máxima porcentagem de emergência; b = taxa de aumento da germinação; c = taxa média de germinação; d = modelagem.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Variáveis de proporção

A análise de variância (ANOVA) se aplica a variáveis contínuas de distribuição normal. Essa análise tem como pressupostos a distribuição normal dos resíduos e a homocedasticidade. Assim, para que os resultados gerados sejam confiáveis é necessário a verificação do atendimento desses pressupostos. O percentual de germinação, plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas, obtidos nesse estudo, atenderam aos pressupostos da ANOVA, indicando bom ajuste (Tabela 2). Os resultados da análise de variância e dos modelos lineares generalizados indicam que a temperatura não influenciou estas variáveis (Tabela 3).

Tabela 2. Testes de homocedasticidade (teste de Bartlett) e normalidade de resíduos (teste de Shapiro-Wilk) para variáveis de germinação e desenvolvimento pós seminal de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima.

Fontes de Variáveis	Teste de Bartlett		Teste Shapiro-Wilk	
	χ^2	p-valor	W	p-valor
%Germinação	2,81	0,42	0,97	0,78
%Plântulas normais	3,35	0,34	0,94	0,31
%Plântulas anormais	0,38	0,50	0,96	0,68
%Sementes mortas	2,81	0,42	0,96	0,77

χ^2 : qui-quadrado; W: Shapiro-Wilk.

Tabela 3. Análise e desvio para germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a diferentes temperaturas, por Modelos Lineares Generalizados (ANODEV) e pela análise de variância (ANOVA).

Variáveis	FV	ANODEV					ANOVA				
		GL	GL.D	Deviance	Residual deviance	p-valor	GL	GL.D	Deviance	Residual deviance	p-valor
Germinação	Nulo	-	15	-	30,825	0,008	-	15	-	688	-
	Temperatura	1	14	0,77	30,055	0,382	3	12	104	584	0,563
	AIC/BIC	62,64/64,18					112,96/116,83				
	Parâmetro dispersão	1					-				
	Coefficiente variação%	-					7.5				
Normais	Nulo	-	15	-	21,879	0,08		15	-	1212	-
	Temperatura	1	14	0,12	21,755	0,724	3	12	12	1200	0,988
	AIC/BIC	73,99/75,53					124,48/128,34				
	Parâmetro dispersão	1					-				
	Coefficiente variação%	-					12.12				
Anormais	Nulo	-	15	-	18,326	0,20		15	-	668	-
	Temperatura	1	14	0,08	18,238	0,77	3	12	116	552	0,497
	AIC/BIC	63,27/64,81					112,06/115,92				
	Parâmetro dispersão	1					-				
	Coefficiente variação%	-					64.59				
Mortas	Nulo	-	15	-	18,324	0,008		15	-	256	-
	Temperatura	1	14	0,085	30,055	0,382	3	12	104	552	0,944
	AIC/BIC	63,27/64,820					112,06/116,82				
	Parâmetro dispersão	1					-				
	Coefficiente variação%	-					99,66				

GL: Grau de liberdade; GL. d: Grau de liberdade do desvio.

Para avaliação de ajuste de modelos lineares generalizados, Faraway (2006) considera que quando não há significância do modelo nulo ($p\text{-valor} > 0,05$) evidencia-se que o ajuste foi satisfatório. Ajustes satisfatórios foram obtidos para plântulas normais e anormais (Tabela 3).

Além disto, quando o resultado da divisão de residual deviance pelo grau de liberdade é muito diferente do parâmetro de dispersão, o ajuste é considerado insatisfatório. Assim, a residual deviance não deve exceder em muito os graus de liberdade do desvio (DINIZ; THIELE, 2021; FARAWAY, 2006). Observa-se que para a análise da germinação e de sementes mortas a divisão entre residual deviance e os graus de liberdade do desvio resultou em valores superiores a 2, enquanto o parâmetro de dispersão é igual a 1 (Tabela 3). Portanto, nestas duas variáveis, está ocorrendo alta sobredispersão. Assim, para melhorar o ajuste da proporção de sementes germinadas e mortas foi necessário o emprego do modelo quasibinomial, o que resultou no aumento do parâmetro de dispersão, que foi igual a $\sim 1,8$ para as duas variáveis. O resultado de efeito não significativo da temperatura sobre as sementes germinadas ($p\text{-valor}=0,38$) e mortas ($p\text{-valor}=0,38$) foi mantido quando utilizado o ajuste quasibinomial.

O ajuste por modelos lineares generalizados resultou em menores valores do critério de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), portanto, com base nestes critérios, esta modelagem foi mais adequada em relação ao emprego de análise de variância clássica. Carvalho et al. (2018) também, obtiveram menores valores de AIC e BIC para modelos lineares generalizados em comparação com a análise de variância clássica em estudo de germinação.

A análise de variância (ANOVA) é abundantemente empregada em estudos sobre efeito da temperatura na germinação. Considerando o total de 131 estudos sobre este tema, em 95 (72,5%) utilizaram-se a análise de variância clássica para verificar o efeito da temperatura sobre a proporção de sementes germinadas, emergência ou plântulas normais. No entanto, devido à natureza binomial destas variáveis, muitas vezes, os pressupostos da ANOVA não são atendidos. Para resolver o problema de não atendimento destes pressupostos, os analistas utilizam diferentes ferramentas, tais como: transformação de dados, testes não paramétricos, estatística descritiva e modelos lineares generalizados.

Entretanto, apesar da importância do atendimento dos pressupostos para a segurança das conclusões obtidas, em apenas 38,9% (37 artigos) dos artigos que empregaram ANOVA (95 artigos) realizaram a averiguação de pressupostos. Além disto, em 15,8% (15) dos artigos foram realizadas transformações de dados sem a verificação prévia do atendimento dos pressupostos.

Em 23 (62,2%) dos 37 artigos nos quais foram averiguados os pressupostos, constatou-se o não atendimento dos mesmos. A transformação arco-seno, indicada para dados de proporção (SNEDECOR; COCHRAN, 1989), foi empregada com resultados satisfatórios em 15 destes trabalhos. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi empregado nos outros cinco. Em três artigos, mesmo com a utilização de diferentes tipos de transformação de dados (arco-seno, raiz quadrada e logaritmo), o não atendimento dos pressupostos se manteve (DONG et al., 2020; PLAMPLONA et al., 2020; SIAHMARGUEE et al., 2020).

Segundo Carvalho et al. (2018) o principal motivo para a utilização da ANOVA em estudos de germinação é o baixo resíduo de variabilidade em espécies melhoradas, resultando em maior porcentagem de germinação no lote, o que incentiva a não verificação do atendimento dos pressupostos, porém não há recomendação para o uso desta ferramenta sem a verificação das suposições. Muito tem sido discutido a respeito da violação dos pressupostos da ANOVA, pois embora existam modelos para ajuste de dados binários, diversos autores ainda optam por realizar a transformação em arco seno (SILESHI et al., 2012; WARTON et al., 2011) e manter a utilização da ANOVA.

Os modelos lineares generalizados não dependem de pressupostos tão restritivos para a variável resposta. A exigência é que esta variável siga alguma distribuição de probabilidade pertencente à família exponencial (normal, gama, binomial, Poisson, binomial negativa e normal inversa) (KINAS; ANDRADE, 2010). Como os dados de número de sementes germinadas em determinado número total de sementes aderem à distribuição binomial, os modelos lineares generalizados se aplicam a análise de estudos sobre germinação. O emprego desta modelagem pode substituir a ANOVA clássica, principalmente em situações em que se verifique a violação de pressupostos, pois é frequente situações nas quais a transformação de dados não resolve este problema.

Entre os artigos levantados, 14 (10,7%) empregaram modelos lineares generalizados para a análise do efeito da temperatura na germinação. A frequente utilização da ANOVA em estudos de germinação pode ser explicada pela ampla literatura de testes *Post hoc* (Tukey, SNK, Scott-Knott, Duncan, entre outros) (CARVALHO et al., 2018).

Em 22 (16,8%) dos 131 artigos avaliados foram empregadas modelagem de tempo térmico, estatística descritiva, estatística não paramétrica, modelos mistos, teste t Student ou/e ajuste de curvas de germinação.

Cada experimento é único, não há uma regra geral que indique os procedimentos de análises de dados para cada tipo de estudo (MICHELON et al., 2019). A recomendação é respeitar os pressupostos das ferramentas de análises empregadas e avaliar a qualidade dos ajustes obtidos. Além disto, o pesquisador deve verificar se as conclusões alcançadas estão coerentes com os fatos observados durante o estudo. A simples interpretação da significância de um p-valor não deve ser superior ao conhecimento do fenômeno (NUZZO, 2014).

Na utilização da análise de variância clássica é recorrente a preocupação com a classificação de coeficientes de variação (MENDONÇA, 2012) em faixas de magnitude (baixo, médio e alto). Trata-se de uma medida adimensional da variabilidade dos dados em relação à média geral do experimento, logo valores elevados de coeficiente de variação não indicam, necessariamente, procedimentos inadequados na condução dos experimentos ou na coleta de dados. A magnitude de coeficientes de variação (CV%) depende de vários fatores, entre eles, destacam-se a espécie utilizada, a variabilidade natural das variáveis mensuradas, tipo de estudo, número de repetições por tratamento, forma de coleta dos dados, sistematização, análise empregada e interpretação dos resultados, o que indica que o critério aplicado corretamente na classificação do CV% promove maior precisão dos resultados (SCHMILDT et al., 2017).

No levantamento dos artigos sobre temperatura para testes de germinação, observou-se que raramente é informado o coeficiente de variação (CV%) das variáveis em análise. Esse resultado pode ser explicado pela necessidade de uma classificação específica do coeficiente de variação (CV%) para cada variável analisada (SCHMILDT et al., 2017). Para as variáveis

percentual de germinação (Tabela 4) e percentual de formação de plântulas normais (Tabela 4), foram encontrados 18 valores de CV% para cada uma destas variáveis, construindo-se intervalos de confiança para o coeficiente de variação a partir dos valores encontrados nos artigos (Tabela 5).

Para o percentual de plântulas anormais foram encontrados três valores de CV% e para o percentual de sementes mortas dois, não foram construídos intervalos de confiança devido ao número reduzido de artigos que utilizaram estas variáveis e que informaram os valores de coeficiente de variação.

Tabela 4. Porcentagem de utilização das variáveis analisadas nos artigos do levantamento bibliográfico sobre temperatura de germinação entre 2019 a 2021.

Variáveis	Utilização (%)
%Germinação	69,5
%Normais	13,7
%Anormais	4,6
%Mortas	3,8
CPA /CR	8,4
TM	20,6
TG	9,9
T ₅₀	9,2
IVG	25,2
U ₈₄₁₆	0,8
Índice de sincronização	2,3

%G: porcentagem de germinação; %Normais: plântulas normais; %Anormais: plântulas anormais; %Mortas: sementes mortas; CPA /CR: comprimento de parte aérea e/ ou comprimento da raiz; TM: tempo médio de germinação; TG: taxa de germinação; T₅₀: tempo para 50% da germinação; IVG: índice de velocidade de germinação; U₈₄₁₆: uniformidade de germinação.

Tabela 5. Limites do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CV%) do percentual de germinação e plântulas normais construído a partir do levantamento de artigos sobre temperatura de germinação entre 2019 a 2021.

Intervalos de confiança	% Germinação	% Plântulas normais
Média	16,63	11,11
Desvio padrão	11,79	6,03
Máximo	41,30	24,30
Mínimo	2,50	1,70
Quartil 1	7,78	7,22
Quartil 3	23,88	13,40
Mediana	15,83	10,31

Pseudo-sigma	11,93	4,57
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,02	0,82
Limite inferior	12,10	8,47
Limite superior	22,53	14,09
CV Baixo	<3,9	<5,7
CV Médio	3,9 a 27,8	5,7 a 14,9
CV Alto	27,8 a 39,7	14,9 a 19,5
CV Muito Alto	>39,7	>19,5

O coeficiente de variação do percentual de germinação (7,5%) e de plântulas normais (12,12%) de *P. blanchetii* foram classificados na faixa de valores médios (Tabela 5).

No presente estudo, a análise de variância clássica e o ajuste por modelos lineares generalizados resultaram nas mesmas conclusões práticas, nas quais as variáveis sementes germinadas, normais, anormais e mortas não foram influenciadas pelas temperaturas testadas (Tabela 3). Ao observar os valores da estatística descritiva, por tratamento e para os dados gerais, a germinação e formação de plântulas normais foram elevadas, independente da temperatura empregada (Tabela 6). Estes resultados demonstram que a espécie possui uma boa plasticidade de germinação em diferentes temperaturas, porém não foi possível determinar as temperaturas cardiais mínima e máxima, em consequência da germinação ter ocorrido em todas as temperaturas testadas. Portanto, recomenda-se a realização de testes de germinação com temperaturas inferiores a 20 °C e superiores a 35 °C para *P. blanchetii*.

Tabela 6. Análise descritiva do percentual de germinação, plântulas normais, anormais e sementes mortas de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima submetidas a diferentes temperaturas.

Temperatura	%Germinação				% Plântulas normais				% Plântulas anormais				%Sementes mortas			
	Média	Med	Máx	Mín	Média	Med	Máx	Mín	Média	Med	Máx	Mín	Média	Med	Máx	Mín
20 °C	89	88	100	80	82	84	96	64	7	4	16	4	11	12	20	0
25 °C	96	96	100	92	82	80	88	80	14	16	20	4	4	4	8	0
30 °C	94	98	100	80	82	82	96	68	12	14	16	4	6	2	20	0
35 °C	93	94	96	88	84	86	92	72	9	6	20	4	7	6	12	4
Geral	93	94	100	80	82.5	84	96	64	10.5	10	20	4	7	6	20	0

Med: Mediana; Max: máxima; Min: mínimo do percentual de germinação.

Os resultados obtidos nesse estudo corroboram com o encontrado por Silva et al. (2017) para as sementes de *Parkia platycephala* Benth., os quais demonstraram a capacidade de flutuação de temperatura para a germinação das espécies nativas florestais. Os autores discorrem ainda, que espécies com este desempenho possuem uma ampla capacidade de adaptação a diferentes habitats e maior probabilidade de perpetuação em campo, o que sugere que a *P. blanchetii* pode ser utilizada na produção de mudas em campo, para a restauração florestal.

1.3.2 Comprimento de plântula

A temperatura influenciou o comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas (Tabela 7). O ponto de máximo valor de comprimento da parte aérea correspondeu à temperatura de 27,9 °C (Figura 1A) e para comprimento da raiz 26,1 °C (Figura 1B), demonstrando que nas temperaturas entre 26 °C a 28 °C as plântulas de *P. blanchetii* expressaram maior vigor, no sentido de que o maior comprimento da plântula está relacionado ao vigor da semente. Guedes et al. (2015) esclarecem que sementes mais vigorosas produzem plântulas de maior comprimento, uniformidade e velocidade o que pode inferir na produção de mudas em campo, devido a maior aceleração dos processos metabólicos.

Tabela 7. Análise de variância que testa a influência da temperatura no comprimento da parte aérea (PA) e comprimento radicular (CR) em sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima

VARIÁVEL	QME	Teste F/ p-valor	%CV	Shapiro-Wilk/p-valor	Bartlett/p-valor
CPA	0,139	6,8/0,006	5,1	0,92/0,17	0,8/0,84
CR	0,252	32,6/4,8E10-6	10,7	0,94/0,31	4,6/0,20

QME: Quadrado médio do erro; CPA: comprimento da parte aérea; CR: comprimento radicular.

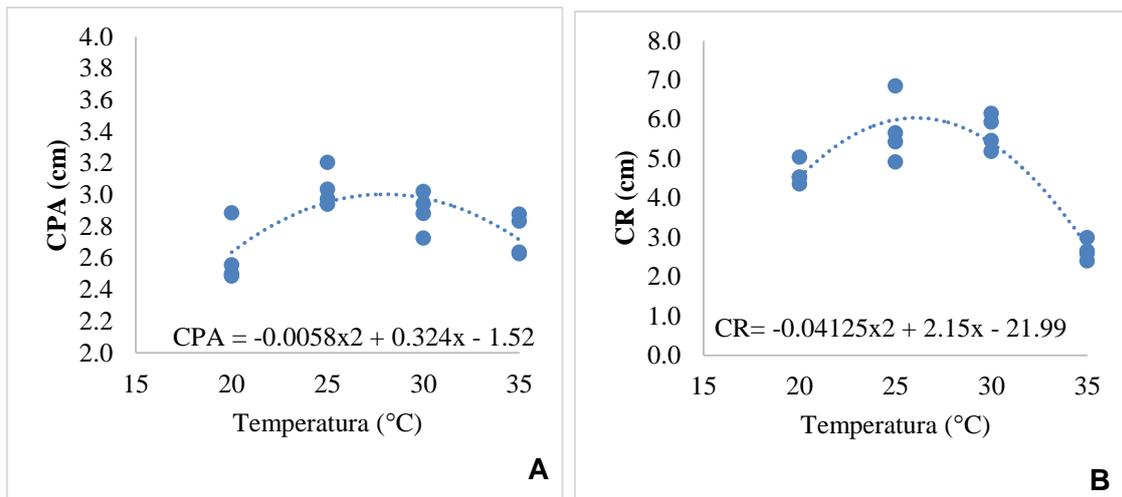


Figura 1. *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função de diferentes temperaturas. A- comprimento da parte aérea de plântulas (CPA); B- comprimento da raiz de plântulas (CR).

Em estudos sobre efeito da temperatura sobre a germinação, é importante ressaltar que quando os tratamentos são quantitativos, como, por exemplo, temperaturas contínuas, após a realização do teste F da análise de variância, o indicado é o emprego de regressão. Neste contexto, durante a apreciação dos 131 artigos sobre o tema de temperatura na germinação, em 22 artigos empregou-se testes de médias nas variáveis empregadas quando o indicado era aplicar regressão. No caso de trabalhos testando temperaturas alternadas e/ou trabalhos comparando no máximo três temperaturas, o emprego de testes de médias deve ser empregado, mas na utilização de mais de três temperaturas contínuas, recomenda-se a aplicação de análise de regressão.

Dos 131 artigos do levantamento bibliográfico em 8,4% (Tabela 4) utilizou-se comprimento de parte aérea e/ ou de raiz para avaliação do desempenho germinativo. Ao contrário do que foi observado para *P. blanchetii*, nestes artigos a temperatura influenciou no comprimento da plântula, assim como no percentual de germinação e de plântulas normais, exceto no trabalho de Silva et al. (2020), no qual o percentual de plântulas normais não foi influenciado pela temperatura. Esses resultados indicam que o comprimento de plântula é uma medida eficiente na avaliação de estudos sobre a germinação em resposta à temperatura, embora seja pouco utilizada.

Guedes et al. (2009) afirmam que quando submetidas a temperaturas ótimas as sementes utilizam suas reservas de forma mais eficiente resultando em plântulas com maiores conteúdos de fitomassa, o que, conseqüentemente, pode resultar em maior comprimento de parte aérea e raiz. Temperaturas inferiores à considerada ótima provocam estresse no embrião e desacelera a taxa de crescimento da plântula. Luo et al. (2021) ao submeterem sementes de *Brassica napus* L. a uma temperatura inferior a considerada ótima observaram o incremento médio radicular de 0,57 cm dia⁻¹, enquanto, em condições ideais de temperatura, o valor para o incremento em comprimento de raiz foi de 1,23 cm dia⁻¹.

Oliveira et al. (2014) ao trabalhar com sementes da espécie arbórea jatobá-mirim (*Guibourtia hymenaefolia* (Morici.) J. Léonard), em temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C demonstraram que temperaturas de 30 a 35°C proporcionaram maior germinação e vigor, além de maior crescimento e alocação de massa seca para as raízes primárias. Para *P. blanchetii* temperaturas acima de 26 °C comprometem o crescimento radicular, portanto a resposta a temperatura durante o processo de germinação e crescimento pós-seminal é específico para cada espécie (ZANDONÁ et al., 2018; ARANTES et al., 2018). Considerando que a temperatura ideal esta relacionada com a área de ocorrência da espécie (FERNANDES et al., 2019), a temperatura de germinação das sementes de *P. blanchetii* foi adequada, visto que o maior comprimento de plântula ocorreu entre 26 a 28 °C.

Nos estudos do levantamento bibliográfico que utilizaram comprimento da raiz e da parte aérea, obtiveram-se seis valores de coeficiente de variação para o comprimento de raiz e sete para comprimento de parte aérea. Com base nestes valores, calculou-se intervalos de confiança e definiram-se classes de magnitude para o coeficiente de variação (Tabela 8). Os coeficientes de variação do comprimento de parte aérea (5,1%) e de raiz (10,7%) das plântulas foi classificado como baixo e médio, respectivamente (Tabela 8), conforme o critério adotado neste estudo.

Tabela 8. Limites do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CV%) do comprimento da raiz (CR) e comprimento da parte aérea (PA) construído a partir dos artigos analisados na pesquisa bibliográfica entre os anos de 2019 a 2021.

Intervalos de confiança	CR	CPA
Média	14,9	14,1
Desvio padrão	10,3	8,0
Máximo	35,3	29,3
Mínimo	7,2	5,5
Quartil 1	9,5	9,3
Quartil 3	14,4	17,2
Mediana	11,9	13,2
Pseudo-sigma	3,7	5,8
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,02	0,41
Limite inferior	9,8	9,7
Limite superior	27,2	21,2
CV Baixo	8,3	7,4
CV Médio	8,3 a 15,6	7,4 a 19,1
CV Alto	15,6 a 19,3	19,1 a 24,9
CV Muito Alto	> 19,3	> 24,9

1.3.3 Tempo médio de germinação (TM)

A temperatura influenciou o tempo médio de germinação (p-valor=0,0002). O ajuste do modelo por análise de variância clássica foi adequado para os dados em análise. O teste para verificação de distribuição normal de resíduos, Shapiro-Wilk (p-valor=0,61) e de homocedasticidade, Bartlett (p-valor=0,05) confirmaram o atendimento dos pressupostos da análise empregada.

O ponto de mínimo valor do tempo médio (TM) ocorreu na temperatura de 31,4 °C, conforme a equação ajustada (Figura 2). Esses resultados corroboram com Souto et al. (2017) que concluíram que temperaturas entre 20-30 °C e entre 25-35 °C aceleram a germinação, em consequência de estimular a embebição e a ativação dos processos enzimáticos. Lafond e Baker (1986) afirmam que quando a germinação ocorre em todas as temperaturas testadas, é possível identificar que à medida que a temperatura aumenta o tempo médio de germinação (TM) diminui, propondo que temperaturas mais altas aceleram o processo germinativo, o que foi notado para *P. blanchetii*.

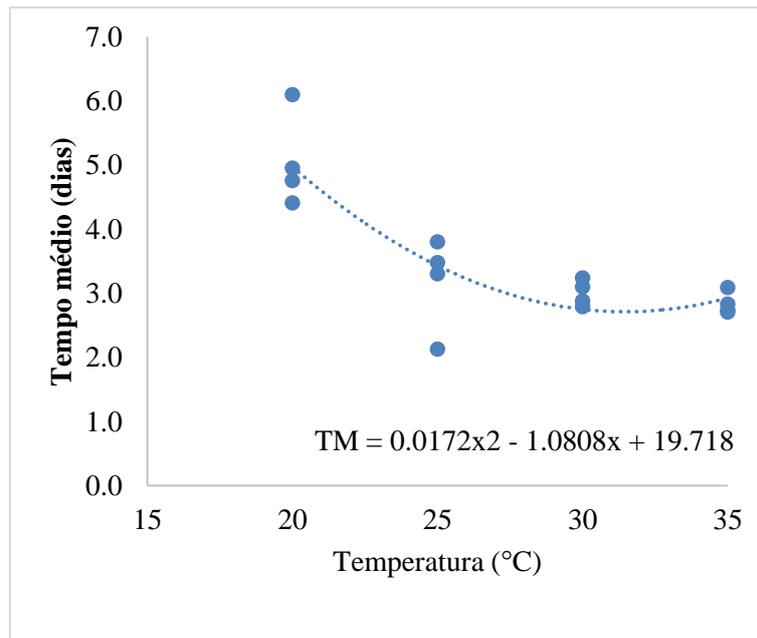


Figura 2. Tempo médio de germinação (TM) em sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima submetidas a diferentes temperaturas.

De acordo com Santana e Ranal (2004) o tempo médio de germinação é uma medida proposta por Labouriau (1983) que consiste na média do tempo de germinação, ponderado pelo número de sementes germinadas em cada tempo do processo. Assim, a interpretação, normalmente empregada, é que quanto menor o tempo médio, melhores são as condições para a germinação.

Em 20,6% (Tabela 4) dos 131 artigos analisados, o tempo médio de germinação estava entre as variáveis utilizadas. Em apenas três desses artigos o TM não foi influenciado pela temperatura (TANVEER et al., 2020; BHATT et al., 2019; SILVA et al., 2020). Em 16 trabalhos houve a influência da temperatura no tempo médio e, também, na porcentagem de germinação, considerando a protrusão da raiz (BAUEROVÁ et al., 2020; GUO et al., 2020; SAMARAH et al., 2020; JEAMMUANGPUK, et al., 2020; OZDEN, et al., 2021; CARVALHO, C. et al., 2020; BHAATT et al., 2020; GUIMARÃES et al., 2020; HAYASAKA et al., 2020; DINIZ et al., 2020; CUNHA et al., 2021; CARVALHO, B. et al., 2020; NUNES et al., 2020; HAMMAMI et al., 2020; VICENTE et al., 2021; CARVALHO, J. et al., 2020), em 12 quando considerando o critério de plântulas normais (GUO et al., 2020; SAMARAH et al., 2020; OZDEN et al., 2021; BHAATT et al., 2020; GUIMARÃES et al., 2020; HAYASAKA et al., 2020; DINIZ et al., 2020; CARVALHO, B. et al., 2020; NUNES et al., 2020; HAMMAMI et al., 2020; VICENTE et al., 2021; CARVALHO, J. et al., 2020), um

para o aparecimento do hipocótilo (JEAMMUANGPUK et al., 2020), e em dois não foi informado o critério de germinação adotado (CARVALHO C. et al., 2020; CUNHA et al., 2021). Bauerová et al. (2021) observaram menor tempo médio e maior porcentagem de germinação a 30 °C. Guo et al. (2020) encontraram o menor tempo médio e maior porcentagem de germinação a 20 °C e Samarah et al. (2020) demonstraram que a temperatura de 25 °C favoreceu a germinação e reduziu o tempo médio para sementes de *Capsicum annuum* L. Para sementes de *P. blanchetii*, embora o tempo médio tenha sido influenciado pela temperatura, a porcentagem de germinação não respondeu significativamente a este fator.

Portanto, nem sempre o menor tempo médio está relacionado ao maior vigor ou as melhores condições de germinação. Nos 20,6% dos trabalhos que avaliaram o tempo médio, oito apontaram que a temperatura que resultou em menor tempo médio não é a mesma que proporcionou maior porcentagem de germinação (RIBEIRO et al., 2019; FERNANDES et al., 2019; CAMPBELL et al., 2020; PATANÈ et al., 2021; YEOM et al., 2021; JEROMINI et al., 2020; SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2021), considerando protrusão de raiz (FERNANDES et al., 2019; PATANÈ et al., 2021; YEOM et al., 2021; SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2021), plântula normal (JEROMINI et al., 2020) hipocótilo (RIBEIRO et al., 2019) e cotilédones acima do substrato (CAMPBELL et al., 2020). Patanè et al. (2021) encontraram para as sementes de sorgo o menor tempo médio a 30 °C, no entanto a máxima germinação foi observada a 25 °C. Campbel et al. (2020) estudando sementes de *Clitoria ternatea*, constataram que o menor TM foi na temperatura de 32 °C, e a maior porcentagem de germinação foi a 21 °C.

Com base no comprimento de plântula nas temperaturas entre 26°C a 28 °C as sementes de *P. blanchetii* expressaram maior vigor, acima destas temperaturas o crescimento das plântulas reduziu, enquanto o menor tempo médio ocorreu na temperatura de 31,4°C. Esses resultados diferem do encontrado por Ozden et al. (2021) que estudando sementes de berinjela constataram que o menor tempo médio e a maior emergência de plântulas foi nas temperaturas de 35-20 °C.

Entre os 20,6% dos artigos analisados no levantamento bibliográfico, que mensuraram o tempo médio de germinação em resposta a temperatura,

foram apresentados 17 valores de coeficiente de variação, com os quais realizou-se análise descritiva e obteve-se intervalo de confiança para esta medida (Tabela 9). O coeficiente de variação para a variável tempo médio (TM) foi de 15,15%, este valor o coloca na condição de alto, conforme o critério adotado neste estudo (Tabela 9).

Tabela 9. Limites do intervalo de confiança para o coeficiente de variação (CV%) do tempo médio de germinação (TM) construído a partir dos artigos analisados na pesquisa bibliográfica entre os anos de 2019 e 2021.

Intervalos de confiança	TM
Média	11,2
Desvio padrão	12,4
Máximo	53,7
Mínimo	1,7
Quartil 1	5,7
Quartil 3	11,8
Mediana	8,8
Pseudo-sigma	4,6
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,0
Limite inferior	7,4
Limite superior	21,6
CV Baixo	<4,2
CV Médio	4,2 a 13,3
CV Alto	13,3 a 17,9
CV Muito Alto	> 17,9

A taxa de germinação (TG) é o inverso do tempo médio, e portanto a análise estatística destas variáveis são similares, em decorrência disto, algumas vezes a transformação de uma variável em outra poderá resolver problemas relacionados a atendimento de pressupostos e diminuir a discrepância entre os dados. Em 9,9% (Tabela 4) dos 131 artigos revisados a taxa de germinação foi uma das variáveis adotada nos estudos, e em um destes artigos foi analisado também o tempo médio. Como o tempo médio, a TG foi sensível ao fator temperatura. A taxa de germinação tende a diminuir fora da temperatura ideal, Otileno et al. (2020) constataram em sementes de *Tylosema fassoglense* a maior TG entre 30 e 35 °C, abaixo ou acima dessas temperaturas a taxa de germinação diminuiu. Saberali et al. (2020) em

sementes de melões persas (*C. melo* cv. Khatuni) observaram que a taxa e a porcentagem de germinação responderam negativamente ao aumento da temperatura fora da faixa de temperatura ideal. Em apenas um dos artigos (CAMPBEL et al., 2020) esta variável foi não responsiva a este fator.

Segundo Bewley (2013) o termo taxa de germinação, muitas vezes, é utilizado, erroneamente, como sinônimo de percentual de germinação. Na análise dos 131 artigos observou-se que o termo taxa de germinação foi utilizado para se referir a outras variáveis em dez trabalhos. Em sete artigos a TG foi confundida com percentual de germinação, em dois artigos com índice de velocidade de germinação e um periódico utilizou o termo TG para se referir a tempo médio.

1.3.4 Tempo para 50% da germinação (T_{50})

Para a variável T_{50} os testes de verificação dos pressupostos da ANOVA, Shapiro-Wilk (p-valor<0,0001) e Bartlett (p-valor<0,0001) demonstraram que o emprego de análise de variância não foi adequado para esta variável. Realizou-se transformação dos dados e mesmo assim não houve o atendimento dos pressupostos. Portanto, o número de dias necessário para a germinação de 50% do total de sementes germinadas foi avaliado por modelos lineares generalizados (MLG) para distribuição de Poisson, por entender que o número de dias se enquadra em dados de contagem. Na distribuição de Poisson a variância dos dados deve ser igual a média, quando a variância for maior que a média ocorre a superdispersão, tornando seu uso inadequado (MICHELON et al., 2019). O modelo Poisson apresentou subdispersão, levando ao uso da família quasi-poisson, que resultou em ajuste satisfatório do modelo quadrático (deviance= 0,47; graus de liberdade do resíduo=13; parâmetro de dispersão=0,033) (FARAWAY, 2006; DINIZ; THIELE, 2021). O T_{50} foi significativamente influenciado pelas temperaturas, conforme a equação: $T_{50}=e^{(1.473432+(x*-0.016072)+(0.003805*((x-X)^2))}$, com pseudo- $R^2=0,67$, sendo x =temperatura e X =temperatura média (Figura 3).

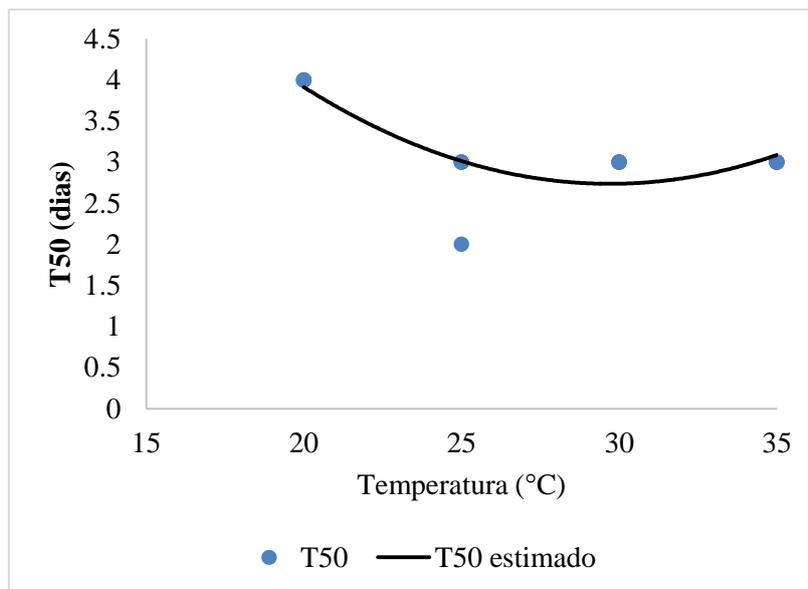


Figura 3. Tempo de 50% de germinação (T_{50}) de sementes *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função de diferentes temperaturas.

Dos 131 artigos analisados, 9,2% (Tabela 4) utilizaram o T_{50} como medida de germinação, e nenhum deles informa o coeficiente de variação (CV%). Nestes artigos o T_{50} foi significativo a temperatura, exceto para Tanveer et al. (2020). Esses resultados sugerem que a variável T_{50} é uma medida responsiva em estudos que avaliam o efeito da temperatura na germinação.

Em temperaturas inferiores e superiores aquela considerada como ótima, para a germinação da espécie, o valor de T_{50} aumenta, atrasando o processo germinativo, como aponta Cabrera-Santos et al. (2021), que ao analisarem sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) verificaram que o valor de T_{50} foi 4,4 vezes mais rápido na temperatura de 30 °C, em relação a 10 e 20 °C. Daibes et al. (2021), observaram que o menor valor de T_{50} ocorreu entre 20 °C a 37 °C, e que o tempo de germinação aumentou nas temperaturas abaixo de 20 °C (10, 13, 15 e 17 °C) e acima de 37 °C (40 °C). Yeom et al. (2021) ajustaram modelo de regressão de T_{50} em função da temperatura, e o comportamento da curva ajustada foi semelhante ao encontrado no presente estudo, na qual o modelo quadrático representou a tendência de queda do T_{50} das menores temperaturas em direção as temperaturas intermediárias, seguido a tendência de aumento após a temperatura ótima.

Em oito dos artigos que empregaram T_{50} , os menores valores para esta variável foram encontrados em temperaturas entre 20 °C a 37 °C (CABRERA-SANTOS et al., 2021; OTILENO et al., 2020; YEOM et al., 2021; NASCIMENTO et al., 2021; DAIBES et al., 2021; JIA et al., 2020; TANVEER et al., 2020; DUCAN et al., 2019). Otieno et al. (2020) estudaram sementes de *Tylosema fassoglense* (Fabaceae) e observaram que o T_{50} foi melhor a 30-35 °C e que as temperaturas 40-45 °C e 10 °C atuaram negativamente no tempo de germinação.

Nos artigos de temperatura analisados, o T_{50} , além de ser uma variável responsiva, tem um comportamento coerente entre os estudos, nos quais os extremos de temperatura resultam em maior valor de T_{50} .

A forma de determinar o T_{50} foi diferente entre os artigos analisados. Em seis artigos foram empregados ajustes da curva de germinação (BÜRGER et al., 2020; CABRERA-SANTOS et al., 2021; JIA et al., 2020; PATANÈ et al., 2021; OTIENO et al., 2020; CUADRA et al., 2019), dois utilizaram a fórmula de Coolbear (TANVEER et al., 2020; YEOM et al., 2021), três utilizaram a modelagem de tempo térmico (OTIENO et al., 2020; PATANÈ et al., 2021; RODRIGUEZ, et al., 2020) e um não utilizou fórmula específica, apenas observou os dados de germinação acumulada e identificou o tempo que atingiu 50% do total de sementes germinadas (DUCAN et al., 2019). Em estudos nos quais as contagens são realizadas diariamente é possível a obtenção do T_{50} pela observação da germinação acumulada.

O T_{50} pode ser transformado em taxa de germinação, que é o seu inverso ($1/T_{50}$) como demonstra Burger et al. (2020) e Patanè et al. (2021).

Após a obtenção do valor de T_{50} para cada repetição, seis artigos aplicaram análise de variância para avaliar o efeito da temperatura nesta variável, cinco complementaram a análise com testes de médias (OTIENO et al., 2020; JIA et al., 2020; CUADRA et al., 2019; DUNCAN et al., 2019; TANVEER et al., 2020). Em um artigo foi utilizada regressão de T_{50} em função das temperaturas testadas (YEOM et al., 2021). O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi utilizado em um dos artigos para comparar T_{50} entre os tratamentos empregados (CABRERA-SANTOS et al., 2021). Nos outros cinco estudos empregou-se a modelagem de tempo térmico (NASCIMENTO et al.,

2021; RODRIGUEZ et al., 2020; PATANÉ et al., 2021; BÜRGER et al., 2020; DAIBES et al., 2019).

1.3.5 Índice de velocidade de germinação (IVG)

O teste F da análise de variância indicou efeito significativo da temperatura sobre o índice de velocidade de germinação (IVG) (p-valor=0,006). Os pressupostos de distribuição normal dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk (p-valor=0,17) e homocedasticidade por Bartlett (p-valor=0,84) foram atendidos.

O máximo valor de IVG foi expresso na temperatura de 31 °C, conforme a curva estimada (Figura 5). Este resultado corrobora com o encontrado no ajuste da curva do tempo médio de germinação (TM) em função da temperatura, na qual o ponto de mínimo TM ocorreu na temperatura de 31,4 °C.

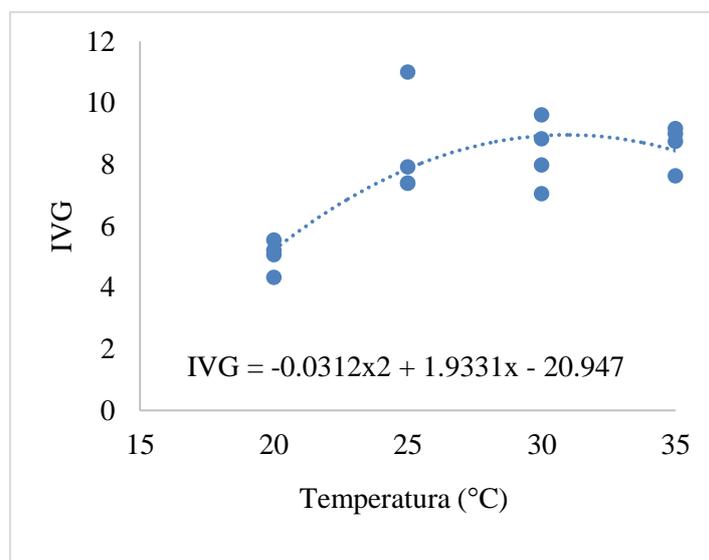


Figura 4. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função de diferentes temperaturas.

O IVG sofre efeito do número de sementes germinadas por repetição, nesta perspectiva, esta variável só teria validade se o número de sementes germinadas fosse igual entre os tratamentos comparados (SANTANA; RANAL, 2004). Entretanto, mesmo com esta limitação o IVG é muito empregado. Entre os 131 artigos analisados, 25,2% (Tabela 4) utilizaram o IVG para avaliar o

efeito da temperatura sobre a germinação e em todos eles o efeito foi significativo.

Ao considerar os 25,2% dos artigos que utilizaram índice de velocidade de germinação, foi possível observar que para 18 periódicos o maior IVG foi a 30 °C. Leal et al. (2020), estudando sementes de *Combretum leprosum* Mart., verificaram o maior IVG a 20-30°C, observando maior comprimento de plântula na temperatura de 30 °C. Silva et al. (2020) trabalhando com sementes de *Acmella oleracea* (L.) R. K. Jansen, constataram que a temperatura mais adequada tanto para a velocidade de germinação quanto para a formação de plântula normais encontra-se próxima a 29 °C.

Notou-se ainda que, em 19 artigos, houve a redução significativa do IVG em temperaturas iguais ou superiores a 35 °C, como apresenta Cunha et al. (2021) estudando as espécies *Mimosa tenuiflora* (Wild.) Poir e *Cenostigma pyramidale* (Tul.) Gagnon & GP., os quais concluíram que conforme a temperatura aumenta o IVG diminui, sendo menor a 35 e 40 °C, em relação as temperaturas de 20 e 30 °C. Carvalho, J. et al. (2020) verificaram em sementes de *Senna uniflora* (Mill.) o maior IVG na temperatura alternada 20-30 °C e o menor a 40 °C, demonstrando que temperaturas elevadas podem reduzir a velocidade de germinação.

A partir dos 23 valores de CV%, relativo a variável IVG, encontrado nos artigos analisados, foi realizada a análise descritiva, construção do intervalo de confiança e classificação quanto a magnitude para o coeficiente de variação do IVG. Considerando o critério de classificação de coeficiente de variação adotado neste estudo (COSTA et al., 2002), o CV% (14,65%) do IVG encontrado no teste de germinação de sementes de *P. blanchetii* em diferentes temperaturas foi classificado como médio (Tabela 10).

Tabela 10. Limites do intervalo de confiança do coeficiente de variação (CV%) do índice de velocidade de germinação (IVG) construído a partir dos artigos analisados na pesquisa bibliográfica entre os anos de 2019 e 2021.

Intervalos de confiança	IVG
Média	18,9
Desvio padrão	12,9
Máximo	55,0
Mínimo	5,3

Quartil 1	9,8
Quartil 3	22,9
Mediana	16,4
Pseudo-sigma	9,7
Shapiro-Wilk (p-valor)	0,0
Limite inferior	18,9
Limite superior	41,9
CV Baixo	<6,6
CV Médio	6,6 a 26,1
CV Alto	26,1 a 35,8
CV Muito Alto	> 35,8

1.3.6 Coeficiente de uniformidade de germinação (CUG)

O CUG aborda a sincronização da germinação no tempo (RANAL; SANTANA, 2006). A verificação dos pressupostos da análise indicou que as variâncias não são homogêneas pelo teste de Bartlett (p-valor=0,04) e os resíduos não apresentaram distribuição normal, conforme teste de Shapiro-Wilk (p-valor=0,02). Os dados foram transformados por diferentes métodos (log, ln, arco-seno e raiz quadrada), no entanto, os pressupostos não foram atendidos. Além disto, verificou-se elevada diferença entre as repetições dentro dos tratamentos. No tratamento de 25 °C, por exemplo, foi observada uma variação entre 8,8 e 0,35. Ao analisar a causa destas discrepâncias, constatou-se que quando o valor do tempo médio coincide com o número de dias em que houve expressiva germinação, o valor deste dia fica muito baixo, e isto tende a superestimar o valor do CUG.

Além desta limitação, observada nos dados em análise, este coeficiente só pode ser aplicado se o tempo médio de germinação (TM) for igual entre as repetições dos tratamentos a serem comparados (RANAL; SANTANA, 2006). Na literatura são escassos os estudos que avaliam o coeficiente de uniformidade de germinação (CUG), não sendo encontrado nos artigos analisados na pesquisa.

1.3.7 Uniformidade de germinação (U_{8416})

A uniformidade de germinação foi utilizada em 0,8% (Tabela 4) dos 131 artigos analisados (MÜLLER et al., 2019). Para os valores de U_{8416} obtidos nesse estudo verificou-se o não atendimento dos pressupostos da análise de variância. As variâncias não são homogêneas pelo teste de Bartlett (p-valor= $2,2E10^{-16}$) e os resíduos não apresentaram distribuição normal, conforme teste de Shapiro-Wilk (p-valor=0,03).

Portanto, o U_{8416} foi analisado por modelos lineares generalizados para distribuição Poisson, por entender que o número de dias se enquadra em dados de contagem. O ajuste foi satisfatório (deviance=9,28, graus de liberdade do resíduo=14 e parâmetro de dispersão=1) e não foi detectado efeito significativo da temperatura sobre esta variável U_{8416} (p-valor=0,99). Esses resultados são semelhantes ao encontrado por Müller et al. (2019) que analisaram a germinação de semente de *Calobota sericea* (Thunb.) submetidas a diferentes temperaturas e observaram que não houve efeito da temperatura na uniformidade de germinação entre 10 a 20 °C.

1.3.8 Índice de sincronização

Dos 131 artigos analisados 2,3% (Tabela 4) utilizaram o índice de sincronização (BHATT et al., 2020; CAMPBELL et al., 2020; SANTOS et al., 2020). O índice de sincronização é uma medida que permite quantificar a variação da germinação ao longo do tempo. Quanto menor o valor deste índice mais sincronizada é a germinação, independente do número final de sementes que germinaram. Portanto, este índice não é influenciado pelo total de sementes germinadas, pelo tempo médio ou pela velocidade média de germinação (RANAL; SANTANA, 2006).

A partir dos resultados obtidos neste estudo foi possível verificar que a temperatura não influenciou o índice de sincronização (p-valor= 0,88) e que os pressupostos da ANOVA foram atendidos (Tabela 11). Esses resultados estão de acordo ao apresentado por Godoi et al. (2004), os quais em estudos com sementes de *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae) verificaram que em temperaturas alternadas não houve diferença para esse índice no regime de luz/escuridão. Campbell et al. (2020) trabalhando em sementes de *Clitoria ternatea* L. verificaram que o índice de sincronia da germinação respondeu de

forma semelhante as diferentes temperaturas. Santos et al. (2020), no entanto, encontram para sementes de *Stryphnodendron pulcherrimu* (Wild.) Hochr., maior sincronização a 30 °C, em relação a outras temperaturas analisadas.

Tabela 4. Análise de variância do índice de sincronização da germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a temperatura.

VARIÁVEL	QME	p-valor teste F	%CV	Shapiro-Wilk/ p-valor	Bartlett/ p-valor
Índice de sincronização	0,113	0,88/ 0,48	30,76	0,930/ 0,244	2,54/0,47

Com base nas variáveis: % sementes germinadas, % plântulas normais, % plântulas anormais, % sementes mortas, U_{8416} e índice de sincronização, é possível afirmar que as temperaturas empregadas não influenciaram a germinação da *P. blanchetii*. Entretanto, o comprimento da parte aérea, o comprimento de raiz, o tempo médio de germinação, T_{50} e o índice de velocidade de germinação responderam significativamente aos tratamentos empregados. Os pontos de máximo comprimento de parte aérea e de raiz foram 27,9 °C e 26,1 °C, respectivamente. Enquanto o tempo de mínimo TM e o máximo IVG foram 31,4 °C e 31 °C, respectivamente. O T_{50} atingiu mínimo valor na temperatura de 30 °C e posteriormente tendeu a aumentar. Assim, com exceção do TM e do IVG, a resposta das variáveis a temperatura foi divergente, impossibilitando a indicação de uma única temperatura ótima para a germinação de sementes de *P. blanchetii*. O que se pode inferir com os resultados obtidos é que a temperatura de germinação recomendada para esta espécie pode ser superior a 25°C, mas não deve exceder 30 °C.

Alguns estudos propõem estratégias para maior segurança dos resultados gerados, como realizar a repetição do experimento (AKHTAMOV et al., 2020; PAMPLONA et al., 2020; TANVEER et al., 2020; DONG et al., 2020). No trabalho em questão, a repetição do experimento é recomendada. Além de realizar o mesmo experimento, em pelo menos duas réplicas, para um novo lote de sementes de *P. blanchetii*, recomenda-se acrescentar temperaturas inferiores a 20 °C (10°C e 15°C) e superiores a 35 °C (40°C e 45°C), para a tentativa da definição das temperaturas cardeais para a espécie. Um outro experimento, testando temperaturas entre 25 °C e 31 °C (em intervalos mais

curtos), também é recomendado, neste caso para melhor definir a temperatura ótima de germinação, considerando a divergência de resultados entre as variáveis de comprimento (parte aérea e raiz), TM, IVG e T₅₀ encontradas neste estudo.

A floração da *P. blanchetii* ocorre de julho a abril e sua frutificação ocorre entre março a abril e de agosto a outubro, sugerindo que provavelmente sua germinação em campo ocorra de maio a junho e de novembro a dezembro nos municípios da Bahia de Amargosa, Anguera, Cachoeira, Conceição do Coité, Cruz das Almas, Dom Macedo Costa, Elísio Medrado, Feira de Santana, Inhambupe, Itaju do Colônia, Itatim, Jacobina, Jequié, Riachão do Jacuípe, Santa Terezinha e Vitória da Conquista (RIBEIRO et al., 2016). Embora na literatura não esteja claro qual a região de maior predominação da espécie, o estado da Bahia é o que demonstra maior área de distribuição, como relatam Ribeiro et al. (2016) e Lima et al. (1984). As séries temporais de temperatura mínima, média e máxima no município de Feira de Santana (BA) no período de floração da espécie está em torno de 15 a 21 °C, 21 a 26 °C e 16 a 32 °C, respectivamente, na época de frutificação as temperaturas variam entre 16 a 20 °C, 23 a 26 °C e 16 a 32 °C, nos meses de provável germinação em campo as temperaturas variam de 16 a 20 °C, 22 a 25 °C e 27 a 29 °C para os respectivos registro (INMET, 2018). Segundo dados obtidos na Estação Agroclimatológica da UFRB, em Cruz das Almas (BA) as temperaturas (mínima, média e máxima) nos meses de floração está em torno de 21 a 26 °C, 22 a 26,6 °C e 22 a 27 °C, no período de frutificação as temperaturas variam entre 21 a 25,5 °C, 22 °C a 26 °C e 22 a 27 °C, para a provável germinação em campo os registros de temperatura estão entre 22 a 25 °C, 23 a 26 °C e 23 a 27 °C (OLIVEIRA; SOUZA, 2020). Nesse sentido, os resultados encontrados no presente estudo estão de acordo com a temperatura de ocorrência natural da espécie.

1.3.9 Curvas de germinação em resposta a temperatura

A significância dos parâmetros e a amplitude dos seus intervalos de confiança são critérios de grande importância para seleção de modelos de regressão. Por esta razão, estes critérios foram prioritários para a indicação

dos modelos que melhor representaram as curvas de germinação obtidas para as diferentes temperaturas.

Para a temperatura de 20 °C o modelo de Weibull resultou em menor deviance, menor %S, e menor AIC. Entretanto, o parâmetro c foi não significativo e teve intervalo de confiança muito amplo (Tabela 12). Portanto, o modelo de melhor ajuste foi o de Gompertz por ter a segunda menor deviance, o segundo menor %S, o menor BIC e todos os parâmetros significativos.

Tabela 5. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 20 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	87,90***	84,76	91,12	11148,1	15,4	657	666,7	0,81
	b	-265,26***	-349,89	-205,06					
	c	-0,503***	-0,617	0,408					
Hill	a	-3,02 ^{ns}	-13,24	7,2	8366	13,4	634,9	647	0,86
	b	88,39***	77,78	98,99					
	c	10,78***	5,62	15,93					
	d	3,63***	3,39	3,87					
Logístico	a	85,06***	82,69	87,44	8516,6	13,5	634,4	644,1	0,86
	b	-3,7**	-6,48	-1,72					
	c	-4,1***	-3,9	-3,49					
Gompertz	a	85,45***	83,07	87,83	8255,9	13,3	631,8	641,5	0,86
	b	3,46***	-2,81	-1,34					
	c	-2,08***	3,27	3,65					
Von Bertalanffy	a	86,38***	83,89	88,88	8580,1	13,5	635	644,7	0,86
	b	12,52***	5,69	19,35					
	c	-1,11***	-1,3	-0,93					
Weibull	a	137,33***	130,36	144,3	7871	13	629,8	641,9	0,87
	b	139,44***	123,55	155,33					
	c	1423,87 ^{ns}	-2198	504,74					
	d	-5,7***	-7,61	-3,77					

Valores significativos 0 (****), 0.001 (**), 0.01 (*), >0.05 (.), ns: não significativo.

Na temperatura de 25 °C os modelos de Hill e Weibull não convergiram, pois os modelos com mais de três parâmetros têm dificuldade de convergir. O modelo de Exponencial foi o que resultou em menor deviance, seguindo pelo modelo Von Bertalanffy e Gompertz. Entretanto, os intervalos de confiança do modelo Gompertz são mais estreitos em relação ao modelo Exponencial e ao de Von Bertalanffy que foi muito amplo (Tabela 13).

Tabela 6. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 25 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	95,3***	93,33	92,28	5673,5	9,25	600,3	610	0,78
	b	-771,12**	-1342,98	-199,32					
	c	-1,2***	-1,55	-0,85					
Logístico	a	94,99***	93,06	96,92	5765,3	9,32	601,6	611,3	0,77
	b	-2,44***	-2,91	-1,61					
	c	-2,26***	-2,59	-2,29					
Gompertz	a	95,12***	93,18	97,07	5720,2	9,28	600,9	610,7	0,77
	b	2,17***	-2,12	-1,19					
	c	-1,66***	2,04	2,3					
Von Bertalanffy	a	95,18***	93,22	97,13	5704,4	9,27	600,7	610,4	0,78
	b	7,00*	0,43	13,57					
	c	-1,49***	-1,91	-1,06					

Valores significativos 0 (****), 0.001 (***), 0.01 (**), >0.05 (*), ns: não significativo.

Na temperatura de 30 °C os modelos de Hill e Weibull não convergiram. As menores deviances foram obtidas pelo modelo exponencial e Von Bertalanffy, entretanto estes dois modelos também tiveram parâmetros não significativos e com amplo intervalo de confiança. Neste caso os modelos que melhor se ajustaram a curva de germinação na temperatura de 30 °C foram o Logístico e o Gompertz, que obtiveram desempenho muito semelhante. Entretanto, o modelo Gompertz apresentou menor deviance em relação ao Logístico (Tabela 14).

Tabela 7. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 30 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	93,41 ^{***}	91,39	95,43	6425,9	9,95	610,7	620,4	0,77
	b	-12930,0 ^{ns}	-53025,13	27171,56					
	c	-2,57 ^{**}	-4,12	-1,02					
Logístico	a	93,38 ^{***}	91,37	95,38	6432,1	9,95	610,8	620,5	0,77
	b	-2,34 ^{***}	-6,05	-2,17					
	c	-4,21 ^{***}	-2,51	-2,17					
Gompertz	a	93,39 ^{***}	91,38	95,4	6429,8	9,95	610,8	620,5	0,77
	b	2,15 ^{***}	-4,96	-1,6					
	c	-3,29 ^{***}	2,04	2,26					
Von Bertalanffy	a	93,4 ^{***}	91,38	95,41	6428,7	9,95	610,8	620,5	0,77
	b	178,97 ^{ns}	-412	769,97					
	c	-3,02 ^{***}	-4,66	-1,39					

Valores significativos 0^{****}, 0.001^{***}, 0.01^{**}, >0.05^{*}, ns: não significativo.

Na temperatura de 35°C os modelos de Hill e Weibull não convergiram. Os modelos Exponencial e Von Bertalanffy tiveram parâmetros não significativos e com intervalos excessivamente amplos, e, portanto, não foram adequados para o ajuste da curva de germinação para 35°C. Os modelos logísticos e Gompertz tiveram melhores ajustes, com desempenho semelhante, todavia Gompertz apresentou a deviance inferior ao logístico (Tabela 15).

Tabela 8. Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima para temperatura de 35 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	92,7***	91,73	93,67	1498,91	4,82	488,44	498,2	0,92
	b	-40270,0 ^{ns}	-163022,7	82481,6					
	c	-3,19***	-4,71	1,66					
Logístico	a	92,69***	91,72	93,66	1500,03	4,82	488,5	498,2	0,92
	b	-2,23***	-6,19	-2,9					
	c	-4,55***	-2,32	-2,14					
Gompertz	a	92,69***	91,72	93,66	1499,59	4,82	488,5	498,2	0,92
	b	2,08***	-5,39	-2,21					
	c	-3,80***	2,03	2,12					
Von Bertalanffy	a	92,69***	91,72	93,66	1499,39	4,82	488,5	498,2	0,92
	b	464,25 ^{ns}	-995,4	1923,9					
	c	-3,58***	-5,14	-2,01					

Valores significativos 0 '***', 0.001 '**', 0.01 '*', >0.05 '.', ns: não significativo.

De maneira geral, o modelo Gompertz foi o de melhor desempenho para todas as temperaturas testadas, entretanto, para as temperaturas de 30 °C e 35 °C o modelo logístico teve desempenho semelhante ao Gompertz. Além disto, mesmo para as temperaturas de 20 °C e 25 °C o modelo logístico apresentou ajuste aceitável, já que os parâmetros ajustados foram significativos e apresentaram intervalos estreitos.

O parâmetro b do modelo Gompertz indica quanto tempo leva para atingir 37% do valor máximo de germinação (T_{37}), logo quanto menor o valor deste parâmetro, mais rápida é a germinação. O parâmetro b do modelo logístico equivale ao T_{50} (tempo necessário para 50% da germinação máxima). Contudo, assim como no modelo logístico, este parâmetro representa um indicativo de velocidade e quanto menor este valor, mais rápida é a germinação (YEON et al., 2020; DAIBES et al., 2019).

A germinação foi mais lenta na temperatura de 20 °C, na qual foram necessários 3,5 dias para que 37% da germinação total fosse atingida (Tabela 16). O modelo logístico, também resultou em maior T_{50} para a temperatura de 20 °C (3,7 dias). Observando os intervalos de confiança para os parâmetros a : assíntota= máximo valor de germinação e $b= T_{37}$, do modelo Gompertz, constata-se que não há sobreposição dos limites dos intervalos da temperatura de 20 °C em relação às demais temperaturas. Enquanto, há sobreposição dos intervalos de confiança para estes parâmetros quando comparamos as temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Portanto, com base no ajuste das curvas de germinação nas diferentes temperaturas, a temperatura de 20 °C difere das demais, porém o comportamento das curvas de 25, 30 e 35 °C são semelhantes.

Foi ajustada uma equação do T_{50} em função da temperatura (modelo quadrático), na qual a obtenção do T_{50} foi por observação da germinação acumulada, sem o emprego de ajuste de curvas de germinação (Figura 4). Com esta equação ($T_{50}=e^{(1.473432+(x*-0.016072)+(0.003805*((x-X)^2))}$), calculou-se o T_{50} para as temperaturas testadas. Observou-se que o T_{50} reduziu até a temperatura de 30 °C e tende a aumentar a partir desta temperatura (Tabela 16 e Figura 4). A tendência de aumento do T_{50} ou do T_{37} em temperaturas superiores a 30 °C não foi observada nos resultados provenientes dos ajustes das curvas de germinação (Tabela 16).

Tabela 9. Tempo para sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima, atingirem 37% (T_{37}) e 50% (T_{50}) da máxima germinação (Máx %G) em quatro temperaturas (20, 25, 30 e 35 °C), e estimados por diferentes modelos.

Temperatura	Gompertz		Logístico		Quadrático
	T_{37} (dias) (parâmetro <i>b</i>)	Máx %G (parâmetro <i>a</i>)	T_{50} (dias) (parâmetro <i>b</i>)	Máx %G (parâmetro <i>a</i>)	T_{50} (dias)
20 °C	3,46	85,5	3,70	85,1	3,92
25 °C	2,17	95,1	2,44	95	2,99
30 °C	2,15	93,4	2,34	93,4	2,76
35 °C	2,08	92,7	2,23	92,7	3,08

Os ajustes das curvas de germinação auxiliaram a evidenciar diferenças entre as temperaturas testadas, diferenças estas imperceptíveis quando aplicado análise de variância ou modelos lineares generalizados para a variável percentual de germinação. Pelo ajuste das curvas de germinação, evidencia-se que na temperatura de 20 °C a máxima germinação é inferior, ao mesmo tempo que os valores de T_{37} ou de T_{50} demonstram o atraso da germinação nesta temperatura.

1.4 CONCLUSÃO

O percentual de germinação e formação de plântulas normais foi superior a 80% nas temperaturas entre 20 °C e 35 °C. Assim, as temperaturas testadas não foram suficientes para definir as temperaturas cardeais para a *P. blanchetii*. Contudo, considerando os critérios de comprimento de plântula, velocidade e uniformidade de germinação, a temperatura para a germinação da espécie é superior a 25 °C, porém não deve exceder 35 °C.

Os modelos de regressão Gompertz e Logístico se ajustaram bem as curvas de germinação de *P. blanchetii*, evidenciando desempenho germinativo inferior na temperatura de 20 °C.

1.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da necessidade de estudos com espécies florestais e a limitação de trabalhos referentes à modelagem e as variáveis estatísticas empregadas

em estudos de germinação, o objetivo desta dissertação foi fornecer subsídios para a realização de trabalhos futuros sobre esta temática.

Recomenda-se a repetição de experimentos em estudos de temperatura de germinação. Entretanto para espécies nativas, a repetição de experimentos com mesmo lote de sementes pode ser uma prática inviável, devido à limitação na quantidade de sementes, diversidade e qualidade das sementes. Contudo, é importante ressaltar que, muitas vezes é necessário a realização de novos estudos com a mesma temática e mesma espécie, ajustando metodologias, com base em resultados anteriores, para melhor responder aos objetivos propostos.

Ao analisar os artigos do levantamento bibliográfico verificou-se que a ANOVA foi empregada em 72,5% dos trabalhos, mesmo dependendo do atendimento aos pressupostos de normalidade e homogeneidade dos resíduos. Os modelos lineares generalizados (MLG) se enquadram em dados pertencentes à família exponencial, no entanto foi empregado em 10,7% dos artigos. Os resultados do presente estudo indicam alternativas de análises que podem ser utilizadas em estudos de germinação, proporcionando maior qualidade no ajuste dos dados.

Para as variáveis de proporção, tais como: percentual de sementes germinadas, percentual de plântulas normais, percentual de sementes mortas e percentual de sementes duras os modelos lineares generalizados, famílias binomiais, se aplicam satisfatoriamente. Para as variáveis U_{8416} e T_{50} o emprego de modelos lineares generalizados, família Poisson ou quasipoisson, são indicados, principalmente, quando os pressupostos da análise de variância não são atendidos.

A partir da análise dos artigos revisados pode-se inferir que as variáveis tempo médio de germinação (TM), índice de velocidade de germinação (IVG) e coeficiente de uniformidade de germinação (CUG) nem sempre apresentam bom desempenho em estudos sobre efeito da temperatura na germinação. O tempo médio (TM) pode atingir menores valores em temperaturas nas quais o desempenho germinativo é inferior. O índice de velocidade de germinação (IVG) e o coeficiente de uniformidade de germinação (CUG) não podem ser utilizados em qualquer condição, o uso destas variáveis é condicionado a ausência de restrições.

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. A. New look at the statistic model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 9, n. 6, p. 716-723, 1974
- AKHTAMOV, M.; ADEVA, C.; SHIM, K. C.; LEE, H. S.; KIM, S. H.; JEON, Y. A.; AHN, S. N. Characterization of Quantitative Trait Loci for Germination and Coleoptile Length under Low-Temperature Condition Using Introgression Lines Derived from an Interspecific Cross in Rice. **Genes**, v. 11, n. 10, p. 1200, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/genes11101200>
- AMORIM, D. J.; FARIA, R. Q.; SANTOS, A. R. P.; SILVA, E. A. A.; SARTORI, M. M. P. Evaluation of germination and vigor in corn seeds using the Hill function. **Scientific Electronic Archives**, v. 12, n. 3, p. 47-52, 2019. DOI: <https://doi.org/10.36560/1232019752>
- ANDRADE, A. C. S. D.; SOUZA, A. F. D.; RAMOS, F. N.; PEREIRA, T. S.; CRUZ, A. P. Germinação de sementes de jenipapo: temperatura, substrato e morfologia do desenvolvimento pós-seminal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 609-615, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2000000300017>
- ARANTES, S. D.; CHAVES, I. S.; ARANTES, L. O.; ALVARENGA, A. A.; SANT'ANA, R. C.; BARKER, D. L.; LAVANHOLE, D. F.; POSSE, S. C. P. Physiological quality of seeds of shepherds purse (*Zeyheria montana* M. Bignoniaceae) as a function of substrate temperature and storage. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 33, p. 1689-1697, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5897/ajar2017.12292>
- ARAÚJO, A. A.; SOARES, L. A. L.; FERREIRA, M. R. A.; SOUZA NETO, M. A.; SILVA, G. R.; ARAÚJO JR, R. F.; MELO, M. C. N. Quantification of polyphenols and evaluation of antimicrobial, analgesic and anti-inflammatory activities of aqueous and acetone–water extracts of *Libidibia ferrea*, *Parapiptadenia rigida* and *Psidium guajava*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 156, p. 88-96, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.07.031>
- BAUEROVÁ, L.; MUNIE, S. A.; HOUŠKOVÁ, K.; HABROVÁ, H. Germination of dracaena cinnabari balf. F. seeds under controlled temperature conditions. **Forests**, v. 11, n. 5, p. 521, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11050521>
- BEWLEY J. D.; BRADFORD, K.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. (2013) **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**, New York: Springer, cap 6, p. 247-295.
- BHATT, A.; BATISTA-SILVA, W.; GALLACHER, D. J.; POMPELLI, M. F. Germination of *Cenchrus ciliaris*, *Pennisetum divisum*, and *Panicum turgidum* is seasonally dependent. **Botany**, v. 98, n. 8, p. 449-458, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjb-2019-0194>
- BHATT, A.; BHAT, N. R.; CARÓN, M. M.; GALLACHER, D. Dimorphic fruit colour is associated with differences in germination of *Calligonum comosum*. **Botany**, v. 97, n. 4, p. 263-268, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjb-2018-0167>

BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400002>

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**, de 17 de janeiro de 2013, Brasília: MAPA, 2013. 98 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/arquivos-publicacoes-laboratorio/florestal_documento_pdf-ilovepdf-compressed.pdf>. Acesso em: 20 de jul. de 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Mapa/SDA. p. 399, 2009. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise_sementes.pdf. Acesso em: 20 de jul. de 2021.

BÜRGER, J.; MALYSHEV, A. V.; COLBACH, N. Populations of arable weed species show intra-specific variability in germination base temperature but not in early growth rate. **PloS one**, v. 15, n. 10, p. e0240538, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240538>

CABRERA-SANTOS, D.; ORDOÑEZ-SALANUEVA, C. A.; SAMPAYO-MALDONADO, S.; CAMPOS, J. E.; OROZCO-SEGOVIA, A.; FLORES-ORTIZ, C. M. Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed Soaking, Germination, and Fatty Acid Behavior at Different Temperatures. **Agriculture**, v. 11, n. 6, p. 498, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060498>

CAMPBELL, SEAN M.; PEARSON, BRIAN J.; MARBLE, S. CHRISTOPHER. Substrate type and temperature on germination parameters of Butterfly Pea. **HortTechnology**, v. 30, n. 3, p. 398-403, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04583-20>

CANTY, A.; RIPLEY, B. Boot: Bootstrap Functions (Originally by Angelo Canty for S), 2019. **R package version**, p. 1.3-22.

CARVALHO, B. S.; FELIX, F. C.; MATOS, D. C. P.; KRATZ, D. Análises física e fisiológica de sementes de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg e *Eugenia involucrata* DC. (Myrtaceae) em diferentes temperaturas e substratos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20458>

CARVALHO, C. A. D.; SILVA, J. B. D.; ALVES, C. Z.; HALL, C. F.; COTRIM, M. F., TEIXEIRA, A. V. Effect of temperature and light on seed germination and seedling growth of *Swietenia macrophylla* King. **Revista Caatinga**, v. 33, p. 728-734, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n316rc>

CARVALHO, F. J.; SANTANA, D. G. D.; ARAÚJO, L. B. D. Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? **Journal of Seed Science**, v. 40, p. 281-287, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n3185259>

CARVALHO, J. N. D.; CAVALCANTE, M. Z. B.; CARVALHO, P. A. D.; PIFANO, D. S.; RODRIGUES, R. G. Ecophysiology germination of *Senna uniflora* seeds:

- species for recovery degraded areas. **Journal of Seed Science**, v. 42, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v42238498>
- COSTA, N. H. D. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 3, p. 243-249, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2002000300003>
- CUADRA, C. D. L.; VIDAL, A. K.; LAGOMARSINO, F.; PEÑALOZA, P.; MANSUR, L. M.; HUENCHULEO, C. Effect of temperature and scarification on seed germination of *Conanthera* spp.(Tecophilaeaceae). **Chilean journal of agricultural research**, v. 79, n. 2, p. 323-329, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392019000200323>
- CUNHA, M. D. C. L.; FERREIRA, T. C.; SOUZA, R. P. Cenários de mudanças climáticas influenciando a germinação e vigor de sementes de *Mimosa tenuiflora* e *Cenostigma pyramidalis*. **Revista Principia**, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021v1n54p62-70>
- DAIBES, L. F.; MARTINS, A. R.; SILVEIRA, F. A.; FIDELIS, A. Seed tolerance to post-fire temperature fluctuation of Cerrado legume shrubs with micromorphological implications. **Flora**, v. 275, p. 151761, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151761>
- DINIZ, E. S.; THIELE, J. A. N. **Modelos de regressão em R**. 2.ed., Viçosa, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350812657_Modelos_de_regressao_em_R. Acesso em: 12 de mai. De 2021.
- DINIZ, F. O.; CHAMMA, L.; NOVEMBRE, A. D. D. L. C. Germination of *Physalis peruviana* L. seeds under varying conditions of temperature, light, and substrate. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200003>
- DONG, H.; MA, Y.; WU, H.; JIANG, W.; MA, X. Germination of *Solanum nigrum* L. (black nightshade) in response to different abiotic factors. **Planta Daninha**, v. 38, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100049>
- DUNCAN, C.; SCHULTZ, N.; LEWANDROWSKI, W.; GOOD, M. K.; COOK, S. Lower dormancy with rapid germination is an important strategy for seeds in an arid zone with unpredictable rainfall. **PLoS One**, v. 14, n. 9, p. e0218421, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218421>
- FARAWAY, J. J. **Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models**. Chapman & Hall/CRC Taylor & Francis Group, Parkway, New York, 2006.
- FERNANDES, R. M.; ABREU, C. A. A.; OLIVEIRA, A. K. M. Seed germination and seedling formation of *Eugenia stictopetala* (Myrtaceae) under different environmental conditions. **Floresta**, v. 49, n. 4, p. 869-876, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/ufv.v49i4.62077>
- GAZOLA, S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; JÚNIOR, A. T. D. A.; VIVAS, M. Modelos não lineares na análise de curvas de percentuais germinativos de sementes de milho. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 16, n. 1, p. 142-152, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v16n1p142-152>

GODOI, S., TAKAKI, M. Effects of light and temperature on seed germination in *Cecropia hololeuca* Miq. (Cecropiaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 2, p. 185-191, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000200004>

GOODCHILD, N. A.; WALKER, M. G. A method of measuring seed germination in physiological studies. **Annals of Botany**, n.35, p.615-621, 1971. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084504>

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. D. L. A.; JÚNIOR, J. M. B.; MEDEIROS, M. S. Germinação de sementes de *Cereus jamacaru* DC. em diferentes substratos e temperaturas. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 31, n. 2, p. 159-164, 2009. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v31i2.635>

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; SANTOS-MOURA, S. S.; GALINDO, E. A. Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Allemão) AC Smith. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2373-2381, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373>

GUIMARÃES, B.; POLACHINI, T. C.; AUGUSTO, P. E.; TELIS-ROMERO, J. Ultrasound-assisted hydration of wheat grains at different temperatures and power applied: Effect on acoustic field, water absorption and germination. **Chemical Engineering and Processing-Process Intensification**, v. 155, p. 108045, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108045>

GUO, C.; SHEN, Y.; SHI, F. Effect of temperature, light, and storage time on the seed germination of *Pinus bungeana* Zucc. ex Endl.: The role of seed-covering layers and abscisic acid changes. **Forests**, v. 11, n. 3, p. 300, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11030300>

HAMMAMI, H.; SAADATIAN, B.; HOSSEINI, S. A. H. Geographical variation in seed germination and biochemical response of milk thistle (*Silybum marianum*) ecotypes exposed to osmotic and salinity stresses. **Industrial Crops and Products**, v. 152, p. 112507, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112507>

HAYASAKA, D.; NAKAGAWA, M.; MAEBARA, Y.; KURAZONO, T.; HASHIMOTO, K. Seed germination characteristics of invasive *Spartina alterniflora* Loisel in Japan: implications for its effective management. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58879-7>

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>

JEAMMUANGPUK, P.; PROMCHOTE, P.; DUANGPATRA, J.; CHAISAN, T.; ONWIMOL, D.; KVIEN, C. K. Enhancement of Tainan 9 Peanut Seed *Storability* and Germination under Low Temperature. **International Journal of Agronomy**, v. 2020, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8813285>

JEROMINI, T. S.; CRUZ, T. A.; PEREIRA, T. S.; SILVA, G. Z.; MARTINS, C. C. Determinação da metodologia para o teste de germinação de sementes de *Eucalyptus urophylla* ST Blake (Myrtaceae). **Biotemas**, v. 33, n. 2, p. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2020.e70268>

JIA, K.; DACOSTA, M.; EBDON, J. S. Comparative effects of hydro-, hormonal-, osmotic-, and redox-priming on seed germination of creeping bentgrass under optimal and suboptimal temperatures. **HortScience**, v. 55, n. 9, p. 1453-1462, 2020. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI15069-20>

KINAS, P. G.; ANDRADE, H. A. Introdução à análise bayesiana (com R). Porto Alegre. **Mais Que Nada Administração Cultural**, 2010.

LABOURIAU, L. G. **A germinação das sementes**. Washington. Secretaria Geral da OEA, 1983.

LAFOND, G. P.; BAKER, R. J. Effects of Temperature, Moisture Stress, and Seed Size on Germination of Nine Spring Wheat Cultivars. **Crop science**, v. 26, n. 3, p. 563-567, 1986. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600030028x>

LEAL, C. C. P.; TORRES, S. B.; DANTAS, N. B. D. L.; AQUINO, G. S. M.; ALVES, T. R. C. Water stress on germination and vigor of 'mofumbo' (*Combretum leprosum* Mart.) seeds at different temperatures. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20200013>

LIMA, M. P. M.; LIMA, H. C. *Parapiptadenia Brenam* (Leguminosae-Mimosoideae)-Estudo taxonômico das espécies brasileiras. **Rodriguésia**, p. 23-30, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-78601984366004>

LUO, T.; ZHANG, Y.; ZHANG, C.; NELSON, M. N.; YUAN, J.; GUO, L., XU, Z. Genome-Wide Association Mapping Unravels the Genetic Control of Seed Vigor under Low-Temperature Conditions in Rapeseed (*Brassica napus* L.). **Plants**, v. 10, n. 3, p. 426, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030426>

MENDONÇA, L. A. **Performance of the rotacional central composite design in experiments with high coefficients of variation**. 2012. 80 f. Dissertação (Mestrado em Estatística Aplicada e Biometria) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4052>>. Acesso em: 10 de nov. de 2021.

MICHELON, T. B.; TACONELI, C. A.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. *Eucalyptus cloeziana* seed count data: a comparative analysis of statistical models. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943020619>

MONDO, V. H. V.; BRANCALION, P. H. S.; CICERO, S. M.; NOVENBRE, A. D. D. L. C.; DOURADO NETO, D. Teste de germinação de sementes de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (Fabaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, p. 177-183, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000200022>

MORIM, M. P. 2020. *Parapiptadenia in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB18917>>. Acesso em: 08 de mai. de 2021.

MÜLLER, F. L.; RAITT, L. M.; CYSTER, L. F.; CUPIDO, C. F.; SAMUELS, M. I.; CHIMPHANGO, S. B. M.; BOATWRIGHT, J. S. The effects of temperature,

water availability and seed burial depth on seed germination and seedling establishment of *Calobota sericea* (Fabaceae). **South African Journal of Botany**, v. 121, p. 224-229, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.012>

NASCIMENTO, J. P. B.; DANTAS, B. F.; MEIADO, M. V. Hydropriming changes temperature thresholds for seed germination of tree species from the Caatinga, a Brazilian tropical dry forest. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v43238649>

NUNES, J. V. D.; NÓBREGA, L. H. P.; BERNARDI, D.; SILVA, C. T. A. C.; DELLAGOSTIN, S. M. Methodology for germination tests accomplishment in chia seeds. **Revista Agrarian**, v. 13, n. 48, p. 230-239, 2020. DOI: 10.30612 / agrarian.v13i48.9902

NUZZO, R. Statistical errors: *P* values, the 'gold standard' of statistical validity, are not as reliable as many scientists assume. **Nature**, v. 506, n. 7487, p. 150-153, 2014. Disponível em: <<https://go-gale.ez278.periodicos.capes.gov.br/ps/i.do?p=AONE&u=capex&id=GALE|A362064378&v=2.1&it=r>>. Acesso em: 17 de mai. de 2021.

OLIVEIRA, A. K. M. D.; PEREIRA, K. C. L. Efeito de diferentes temperaturas na germinação e crescimento radicular de sementes de jatobá-mirim (*Guibourtia hymenaefolia* (Moric.) J. Léonard). **Ciência Florestal**, v. 24, p. 111-116, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509813328>

OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, L. S. Boletim Agroclimatológica da UFRB Campus Cruz das Almas, BA. Disponível em: <<https://ufrb.edu.br/ccaab/estacao-agroclimatologica-da-ufrb-campus-cruz-das-almas-ba/2020>>. Acesso em: 09 de dez. de 2021.

OLIVEIRA, C. A. M., **Avaliação tecnológica e fitoquímica de sementes de *Parapiptadenia Zehntneri* (Harms) M.P. Lima & H.C. Lima**. 2017, 112p. Tese (Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. Disponível em: <http://www.ppgcf.ufrpe.br/sites/www.ppgcf.ufrpe.br/files/documentos/cassia_alzira_mendes_de_oliveira_0.pdf>. Acesso em: 20 de set. de 2021.

OTIENO, V.; ULIAN, T.; NZUVE, F.; KIMENJU, J. Germination response to temperature and water potential for Sprawling bauhinia (*Tylosema fassoglense*), a potential crop for Kenya. **South African Journal of Botany**, v. 132, p. 463-470, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.02.020>

OZDEN, E.; LIGHT, M. E.; DEMIR, I. Alternating temperatures increase germination and emergence in relation to endogenous hormones and enzyme activities in aubergine seeds. **South African Journal of Botany**, v. 139, p. 130-139, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.02.015>

PAMPLONA, J. D. P.; SOUZA, M. D. F.; SOUSA, D. M. M.; MESQUITA, H. C.; FREITAS, C. D. M.; LINS, H. A.; SILVA, D. V. Seed germination of *Bidens subalternans* DC. exposed to different environmental factors. **Plos one**, v. 15, n. 5, p. e0233228, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233228>

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L.; CAVALLARO, V.; SAITA, A. Screening for Cold Tolerance during Germination within Sweet and Fiber Sorghums [*Sorghum*

bicolor (L.) Moench] for Energy Biomass. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 620, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040620>

RANAL, M. A.; SANTANA, D. G. D. How and why to measure the germination process?. **Brazilian Journal of Botany**, v. 29, p. 1-11, 2006.

R Core Team (2020) R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 01 de março 2021.

RIBEIRO, J. E. S.; LEITE, A. P.; NÓBREGA, J. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; ALBUQUERQUE, M. B. Temperatures and substrates for germination and vigor of *Erythroxylum pauferrense* Plowman seeds. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, p. e46030-e46030, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiols.v41i1.46030>

RIBEIRO, P. G.; QUEIROZ, L. P.; MORIM, M. P. Flora of Bahia: Leguminosae–*Parapiptadenia* (Mimosoideae: Mimoseae). **SITIENTIBUS série Ciências Biológicas**, v. 16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13102/scb1133>

RODRIGUEZ, S.; KRUK, B. C.; SATORRE, E. H. Modelling *Chloris virgata* germination and emergence under different temperature and light quality conditions. **Weed Research**, v. 60, n. 4, p. 287-296, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/wre.12427>

SABERALI, S. F.; SHIRMOHAMADI-ALIAKBARKHANI, Z. Quantifying seed germination response of melon (*Cucumis melo* L.) to temperature and water potential: Thermal time, hydrotime and hydrothermal time models. **South African Journal of Botany**, v. 130, p. 240-249, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.12.024>

SAMARAH, N. H.; AL-QURAN, N. A.; MASSAD, R. S.; WELBAUM, G. E. Treatment of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) seeds with chitosan increases chitinase and glucanase activities and enhances emergence in a standard cold test. **Scientia Horticulturae**, v. 269, p. 109393, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109393>

SANTANA, D. G.; RANAL, M. A. **Análise da germinação: um enfoque estatístico**. Brasília, DF: Ed UnB, 2004. 247 p.

SANTOS, I. N. L.; LOPES, M. T. G.; VALENTE, M. S. F.; LIMA JÚNIOR, M. J. V.; FRAXE, T. J. P. Avaliação genética em sementes de *Stryphnodendron pulcherrimum* sob diferentes níveis de temperatura. **Scientia Forestalis**, 48(125), e3092, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.06>

SENRA, J. F. B. **Análises biométricas de palmeiras juçara de fragmentos florestais no sul do Espírito Santo**. 2015. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. 2015. Disponível em: <http://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/item/2807>. Acesso em: 17 de jun. de 2021.

SIAHMARGUEE, A.; GORGANI, M.; GHADERI-FAR, F.; ASGARPOUR, R. Germination Ecology of Ivy-Leaved Morning-Glory: an Invasive Weed in Soybean Fields, Iran. **Planta Daninha**, v. 38, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582020380100027>

SCHMILDT, E. R.; SILVA, W.; AMBROSIO, T. J.; SCHMILDT, O.; NASCIMENTO, A. L.; FERNANDES, A. A. Coeficiente de variação como medida da precisão em experimentos de alface. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 4, p. 290-295, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v11i4.4412>

SCHUWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. *Annals of Statistics*, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978.

SILESHI, G. W. A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. **Seed Science Research**, v. 22, n. 3, p. 145-159, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258512000025>

SILVA, A. L.; CARLOS, H. C. V.; RIVABEN, R. C.; SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S.; MORAIS, G. A.; LIMA, L. B. Tetrazolium and interaction of temperature and light under seed germination in *Ormosia arborea* (Fabaceae). **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia- MS, v. 8, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v8i1.5206>

SILVA, L. C.; SAMPAIO, I. M. G.; MORAES BITTENCOURT, R. F. P.; ARAUJO, M. R.; FIGUEIREDO, S. P. R.; GUSMÃO, S. A. L.; COSTA, A. S. Influence of temperature on the germination and root size of *Acmella oleracea* (L.) RK Jansen. **Revista Agro@ ambiente On-line**, v. 14, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v14i0.5789>

SILVA, R. B.; MATOS, V. P.; FARIAS, S. G. G. D.; SENA, L. H. D. M.; SILVA, D. Y. B. D. O. Germinação e vigor de plântulas de *Parkia platycephala* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 142-150, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170016>

SILVEIRA, S. M.; CUNHA JR, A.; MARASCHIN, M.; VERRUCK, S.; SECCHI, F. L.; SCHEUERMANN, G.; VIEIRA, C. R. W. Brazilian native species as potential new sources of natural antioxidant and antimicrobial agents. **Acta Alimentaria**, v. 48, n. 4, p. 507-514, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/066.2019.48.4.12>

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 6 ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, 1989.

SOUSA, I. F.; KUNZLE, J. E.; MUNIZ, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, F. R. Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. **Ciência Rural**, v. 44, p. 2016-2021, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131341>

SOUTO, A. G. D. L.; COSTA, J. C. F. D.; CAMPOS, N. L. F.; AZEVEDO, J. L. F. D.; SANTOS, C. E. M. D. Effect of temperature on passion fruit emergence and seedling vigor. **Journal of Seed Science**, v. 39, p. 050-057, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n1169920>

TANVEER, A.; KHAN, M. A.; ALI, H. H.; JAVAID, M. M.; RAZA, A.; CHAUHAN, B. S. Influence of different environmental factors on the germination and seedling emergence of *Ipomoea eriocarpa* R. Br. **Crop Protection**, v. 130, p. 105070, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105070>

VICENTE, M. J.; MARTÍNEZ-DÍAZ, E.; MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J.; FRANCO, J. A.; BAÑÓN, S.; CONESA, E. Effect of light, temperature, and salinity and

drought stresses on seed germination of *Hypericum ericoides*, a wild plant with ornamental potential. **Scientia Horticulturae**, v. 270, p. 109433, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109433>

WARTON, D. I.; HUI, Francis KC. The arcsine is asinine: the analysis of proportions in ecology. **Ecology**, v. 92, n. 1, p. 3-10, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1890/10-0340.1>

YEOM, M. S.; NGUYEN, T. K. L.; CHO, J. S.; OH, M. M. Improving Germination Rate of Coastal Glehnia by Cold Stratification and Pericarp Removal. **Agronomy**, v. 11, n. 5, p. 944, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050944>

ZANDONÁ, R. R.; AGOSTINETTO, D.; RUCHEL, Q. Modelagem matemática do fluxo de emergência de plantas daninhas: ferramenta para decisão no manejo de cultivos. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 17, n. 1, p. 3-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.538>

CAPÍTULO 2

**DURAÇÃO DE TESTE DE GERMINAÇÃO PARA SEMENTES DE
Parapiptadenia blanchetii (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)**

DURAÇÃO DE TESTE DE GERMINAÇÃO PARA SEMENTES DE *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)

RESUMO: Os testes de germinação são ferramentas indispensáveis na caracterização de lotes de sementes. Entretanto, não há prescrição para condução do teste de germinação para *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.). A espécie pode ser encontrada em alguns estados do nordeste como Bahia e Pernambuco, nos biomas Caatinga e Mata Atlântica, no entanto, as informações a respeito da espécie são limitadas a estudos taxonômicos e área de distribuição. No presente estudo, objetivou-se determinar a duração do teste de germinação para sementes de *P. blanchetii*, com emprego de regressão segmentada. As sementes utilizadas foram obtidas de frutos coletados em duas matrizes situadas no município de Cruz das Almas-BA. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, e quatro repetições de 25 sementes. As variáveis analisadas foram número de sementes germinadas e de plântulas normais. A curva de germinação foi ajustada por modelos de regressão response-platô: linear segmentado com platô (MPL) e o quadrático segmentado com platô (MPQ). Para a germinação, o MPQ apresentou o melhor ajuste a 20 °C e 25 °C. No entanto, nas temperaturas de 30 °C e 35 °C o desempenho dos dois modelos foi semelhante. Para a formação de plântulas normais o melhor ajuste dos dados foi no MPQ nas temperaturas de 25 °C e 30 °C, para as demais temperaturas o MPL apresentou melhor desempenho. A duração de testes de germinação depende do critério de germinação e da temperatura. Para testes de germinação, conduzidos em temperaturas de 30 °C ou 35 °C, para o critério de protrusão radicular, recomenda-se única contagem no quarto dia após a sementeira. Para avaliar a formação de plântulas normais, sugere-se primeira e segunda contagem, aos seis e nove dias. Adotando-se a temperatura de 25°C, para o critério de germinação de protrusão radicular, recomenda-se contagem única no quinto dia, para formação de plântulas normais a primeira e segunda contagem devem ocorrer aos seis e onze dias.

Palavras-chave: Germinação; modelos de regressão; modelo de resposta em platô; temperatura.

DURATION OF GERMINATION TEST FOR SEEDS OF *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)

ABSTRACT: Germination tests are essential tools in the characterization of seed lots. However, there is no prescription for conducting the germination test for *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.). The species can be found in some northeastern states such as Bahia and Pernambuco, in the Caatinga and Mata Atlântica biomes, however, information about the species is limited to taxonomic studies and distribution area. This study aimed to determine the duration of the germination test for *P. blanchetii* seeds, using segmented regression. The seeds used were obtained from fruits collected in two matrices located in the municipality of Cruz das Almas-BA. The experiment was carried out in a completely randomized design, with four temperatures of 20, 25, 30 and 35 °C, and four replications of 25 seeds. The variables analyzed were the number of germinated seeds and normal seedlings. The germination curve was adjusted by response-plateau regression models: linear segmented with plateau (LPM) and quadratic segmented with plateau (QPM). For germination, the QPM showed the best adjustment at 20 °C and 25 °C. However, at temperatures of 30 °C and 35 °C the performance of the two models was similar. For the formation of normal seedlings, the best fit of the data was in the QPM at temperatures of 25 °C and 30 °C, for the other temperatures the LPM showed better performance. The duration of germination tests depends on the germination criterion and the temperature. For germination tests, conducted at temperatures of 30 °C or 35 °C, for the criterion of root protrusion, a single count on the fourth day after sowing is recommended. To assess the formation of normal seedlings, it is suggested the first and second count, at six and nine days. Adopting a temperature of 25°C, for the criterion of germination of root protrusion, it is recommended a single count on the fifth day, for formation of normal seedlings, the first and second count should occur at six and eleven days.

Keywords: Germination; regression models; plateau response model; temperature.

2.1 INTRODUÇÃO

Os testes de germinação são ferramentas indispensáveis na caracterização de lotes de sementes, pois expressam a capacidade de determinado lote produzir plântulas viáveis (BRASIL, 2013).

Muitos aspectos devem ser considerados para garantir que os testes de germinação em laboratório sejam eficientes em estimar o desempenho em condições de campo. A temperatura, a luz e o substrato são fatores que exercem forte influência na germinação e são também os mais investigados em testes de laboratório. A duração dos testes de germinação e o tempo ideal para as contagens intermediárias, embora sejam aspectos determinantes na qualidade dos resultados gerados, são pouco abordados em estudos sobre protocolos de germinação em condições controladas, a exemplo de trabalhos desenvolvidos com sementes de *Eucalyptus phaeotricha* Blakely & Mckie (AFFONSO et al., 2018) e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake (JEROMINI et al., 2020).

O teste de germinação deve ser executado em tempo suficiente para alcançar os objetivos propostos. O menor tempo de duração dos testes resulta em menores custos operacionais e menores riscos de proliferação de microrganismos patogênicos (TOMAZ et al., 2010; CALDEIRA et al., 2015; MICHELON et al., 2021). Para sementes de *Coffea arabica* L. (GUIMARÃES et al., 2013), *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick (TOMAZ et al., 2016) e sementes de *Panicum maximum* Jacq. (TOMAZ et al., 2010), os estudos conseguiram comprovar a necessidade de reduzir a duração dos testes de germinação, para tais espécies, em relação ao recomendado pelas agências reguladoras (BRASIL, 2009).

A definição do tempo de duração para estes testes, depende do critério de germinação adotado. Em alguns estudos a contabilização da ocorrência da germinação tem como base a visualização da protrusão da radícula (BAFOIL et al., 2019; DAIBES et al., 2019; MITCHELL et al., 2020; FOS et al., 2021), outros consideram que a radícula deve ter pelo menos 1mm (ABDELLAOUI et al., 2019; PORCEDDU et al., 2020; NGUYEN et al., 2021) ou 2mm (PAMPLONA et al., 2020; BORTOLIN et al., 2020; FAN et al., 2021) para ser contabilizada como germinada. A formação de plântula normal também é

utilizada como critério de germinação (KYU et al., 2019; ZANON et al., 2020). O tipo de substrato interfere na definição do critério de germinação e, conseqüentemente, na duração do teste. Para substratos nos quais a semente fica submersa os critérios de germinação, normalmente utilizados, são a emergência dos cotilédones (RIBEIRO et al., 2019) ou a formação de plântula normal.

A temperatura influencia no tempo necessário para a germinação. Na faixa de temperatura ótima para a germinação, o aumento da temperatura acelera a absorção de água pela semente, devido a alterações bioquímicas na estrutura da membrana e aumento da atividade de enzimas hidrolíticas, o que interfere no tempo de germinação (BEWLEY et al., 2013; NIKOLIĆ et al. 2021). Para temperaturas inferiores a ótima, espera-se atrasos na germinação. Como foi observado por Patanè et al. (2021) ao estudarem sementes de sorgo, no qual o tempo para germinação a 30 °C ocorreu em 2 dias e desacelerou a 8 °C, levando em média 18 dias para germinar. As temperaturas superiores à ótima podem, até determinada magnitude, acelerar a germinação, mas, normalmente, ocorre redução da quantidade de sementes germinadas, até o ponto de inviabilizar este processo (TANVEER et al., 2020).

Embora os estudos sobre métodos de determinação da duração de testes de germinação sejam escassos, Tomaz et al. (2016, 2015, 2010) e Guimarães et al. (2013) desenvolveram trabalhos nesta temática empregando com sucesso regressão segmentada response platô. Assim, a determinação da duração de testes de germinação, por ajustes das curvas de germinação, utilizando modelos de regressão segmentados, contribui com o aprimoramento das técnicas utilizadas na área de tecnologia de sementes.

Apesar dos esforços dos pesquisadores da área de sementes e das agências reguladoras de insumos agrícolas, há carência de definição de protocolos para testes de germinação para as espécies nativas do Brasil (FREITAS et al., 2019; CARVALHO et al., 2021). As instruções para Análises de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013) descrevem, para algumas espécies nativas, protocolos para condução de testes de germinação. Entretanto, não há prescrição para condução do teste de germinação para *P. blanchetii*.

As espécies do gênero *Parapiptadenia* são conhecidas por serem ricas em tanino e são frequentemente utilizadas na indústria de curtimento de couro, algumas são destinadas à restauração de áreas degradadas e outras são utilizadas na medicina popular (MARTINS et al., 2020; TAPANOTTI et al., 2019; ARAÚJO et al., 2014; LINS et al., 2019). *P. blanchetii* pode ser encontrada em alguns estados do nordeste como Bahia e Pernambuco, nos biomas Caatinga e Mata Atlântica (FLORA DO BRASIL, 2020), no entanto, as informações a respeito da espécie ainda são limitadas a estudos taxonômicos e área de distribuição (LIMA et al., 1984; RIBEIRO et al., 2016).

O presente estudo teve como objetivo determinar a duração do teste de germinação para sementes de *P. blanchetii*, com emprego de regressão segmentada.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal do setor de Engenharia Florestal, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, no campus de Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

As sementes de *P. blanchetii*, utilizadas no estudo, foram obtidas de frutos coletados no dia 27 de setembro de 2018 em duas matrizes situadas no município de Cruz das Almas-BA (12°39'21.1"S/ 39°04'56.2W) com altitude média de 225 m. Conforme a classificação de Köppen o clima da região é de transição de Am para Aw (tropical subúmido a seco). O mês com temperaturas mais amenas apresenta-se superior a 18 °C e o mais seco com precipitação igual ou superior a 60 mm, a temperatura média anual é de 24,2 °C, com umidade relativa anual de 80% e pluviosidade média anual de 1200 mm.

Os frutos coletados foram beneficiados manualmente e as sementes ficaram armazenadas em recipiente de vidro em condições não controladas, em ambiente de laboratório, até a montagem dos testes de germinação, no dia 10 de outubro de 2018. O teor de água das sementes (11,30%) foi determinado pelo método da estufa a 105 °C por 24 horas (BRASIL, 2009).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos, correspondentes às temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, e quatro repetições de 25 sementes.

As sementes foram dispostas em substrato rolo de papel de germinação, umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel (BRASIL, 2009), colocado em sacos plásticos transparentes. Os rolos foram depositados em câmaras de germinação do tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) com controle de temperatura e fotoperíodo de 12h de luz.

Foram realizadas contagens diárias das seguintes variáveis: número de sementes germinadas, conforme o critério de protrusão de raiz (BEWLEY et al., 2013); e números de plântulas normais, correspondente àquelas com todas as estruturas essenciais bem desenvolvidas e proporcionais (BRASIL, 2009). As contagens foram realizadas até 22 dias após a montagem dos testes, quando se verificou, em todos os tratamentos, que todas as sementes viáveis formaram plântulas normais ou anormais. Não foram observadas sementes duras no experimento, as sementes germinaram ou deterioraram.

Construiu-se a curva de germinação, com base no critério de protrusão de radícula e de formação de plântulas normais, para as temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, por ajustes dos modelos de regressão response-platô: linear segmentado com platô (MPL) e o quadrático segmentado com platô (MPQ). O MPL assume dois segmentos, o primeiro segmento descreve uma curva crescente até certo ponto da ordenada, correspondente ao platô, a partir deste ponto, a ordenada assume um valor constante, correspondente ao segundo segmento (GUIMARÃES et al., 2013). O MPQ é caracterizado por uma fase crescente, narrada por uma equação do segundo grau e, após a estabilização, por um platô (MALAFAIA et al., 2015).

O modelo MPL é dado por: $a+bx_i+e_i$, se $x_i \leq x_c$; $P+e_i$, se $x_i > x_c$; no qual x_i : tempo em dias; x_c = tempo de estabilização no qual o modelo linear atinge o platô em relação a abscissa; P = coeficiente de variação no ponto platô; a = intercepto; b = coeficiente angular do seguimento linear; e_i = erro aleatório. O MPQ é dado por: $a+bx_i+cx_i^2+e_i$; se $x_i \leq x_c$, sendo descrito pelo modelo quadrático; se $x_i > x_c$, foi descrito por platô (constante). O ponto de interceptação dos seguimentos (quadrático ou platô), foi considerado o ponto de estabilização da germinação ou da formação de plântulas normais.

Os ajustes dos modelos foram realizados pelo método dos mínimos quadrados e Gauss Newton, por meio da função nls no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020). Para a seleção do modelo mais

adequado empregou-se: valor da deviance, desvio padrão, coeficiente de determinação (R^2), o critério de informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974) e o Bayesiano (BIC) (SCHUWARZ, 1978), no qual o menor valor corresponde ao melhor ajuste para estes critérios (EMILIANO et al., 2014).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para cada temperatura comparou-se o desempenho de modelos segmentados response-platô na forma quadrática e linear, para a germinação, com base na protrusão da raiz primária (Tabela 1), e para a formação de plântulas normais (Tabela 2).

Tabela 1. Comparação dos modelos response-platô quadrático e linear para curva de germinação (protrusão raiz primária) de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em diferentes temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C.

Temperatura	20 °C		25 °C		30 °C		35 °C	
	Q	Linear	Q	Linear	Q	Linear	Q	Linear
TEG (dias)	7,3	5,5	4,3	3,4	3,4	3,1	3,3	3
%G no TEG	86,49	86,06	94,9	94,79	93,37	93,37	92,68	92,68
%S	14,79	14,82	9,37	9,39	9,95	9,95	4,82	4,82
R ²	0,83	0,83	0,77	0,77	0,77	0,77	0,92	0,92
AIC	650,24	650,52	602,52	602,81	610,81	610,81	488,53	488,53
BIC	659,96	660,25	612,25	612,53	620,54	620,54	498,25	498,25
Deviance	10287,25	10321,76	5829,1	5848,63	6433,68	6433,68	1500,42	1500,42

Em que: Q: quadrático; TEG: tempo necessário para estabilização da germinação; %G: porcentagem de germinação; %S: desvio padrão em porcentagem; R²: coeficiente de determinação; AIC: critério de informação de Akaike; BIC: critério bayiano de Schwarz.

Tabela 2. Comparação dos modelos response-platô quadrático e linear para curva de formação de plântulas normais de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C.

Temperatura	20 °C		25 °C		30 °C		35 °C	
	Q	Linear	Q	Linear	Q	Linear	Q	Linear
TEN (dias)	20	14,6	10,5	9,2	8,6	7	8,7	7,8
%G no TEN (%)	84,64	80,88	81,53	81,39	81,61	81,47	83,05	82,8
%S	36,25	39,42	11,01	11,25	14,03	14,03	11,18	11,07
R ²	0,78	0,75	0,84	0,83	0,56	0,56	0,86	0,87
AIC	608,67	597,29	482,26	485,19	522,35	522,36	488,53	487,1
BIC	617,55	606,17	491,14	494,07	531,23	531,24	497,41	495,98
Deviance	27310,65	23102,1	4255,86	4443,11	7674,57	7674,93	4666,74	4569,6

Em que: Q: quadrático, TEG: tempo necessário para estabilização da germinação, %S: desvio padrão em porcentagem, R²: coeficiente de determinação, AIC: critério de informação de Akaike, BIC: critério bayiano de Schwarz, %G: porcentagem de germinação.

Para a germinação, conforme o critério de protrusão de raiz primária, o modelo response-platô quadrático apresentou o melhor ajuste nas temperaturas de 20 °C (Tabela 1; Figura 1A) e 25 °C (Tabela 1; Figura 1B), com menores valores de AIC, BIC e deviance. No entanto, nas temperaturas de 30 °C (Tabela 1; Figura 1C) e 35 °C (Tabela 1; Figura 1D) o desempenho dos dois modelos foi semelhante.

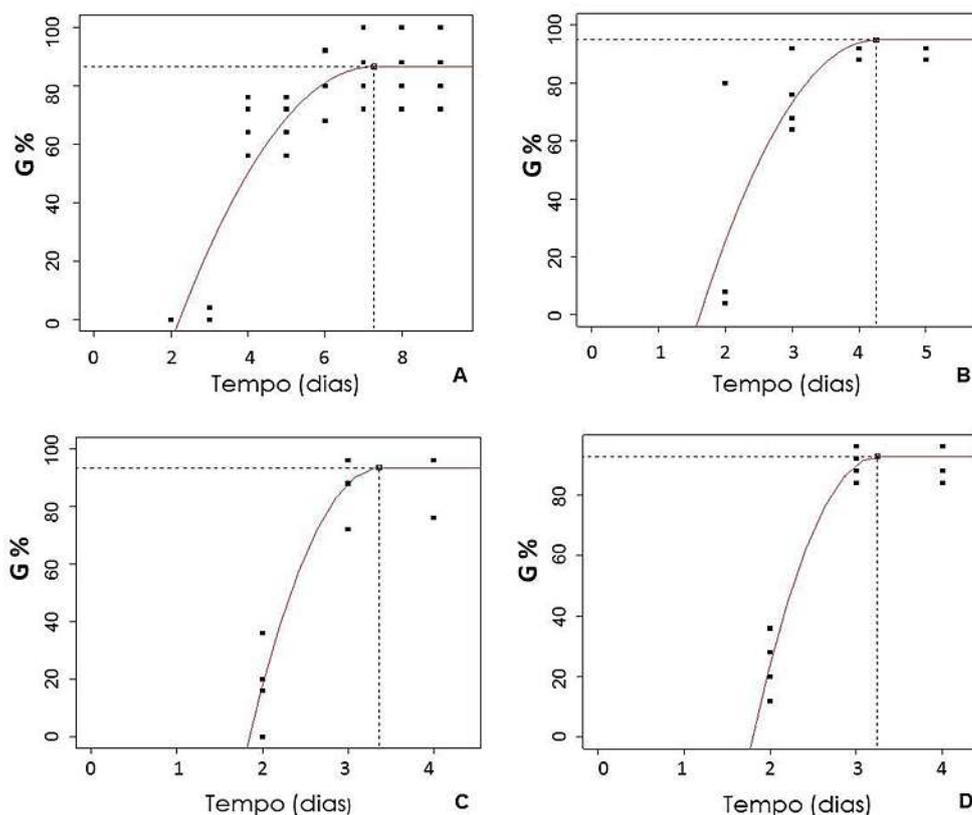


Figura 1. Tempo de estabilização para a germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a temperatura. A: 20 °C; B: 25 °C; C: 30 °C e D: 35 °C.

Para a formação de plântulas normais (Tabela 2) obteve-se melhor ajuste dos dados no modelo response-platô quadrático nas temperaturas de 25 °C (Tabela 2; Figura 2B) e 30 °C (Tabela 2; Figura 2C), entretanto, para as demais temperaturas (Tabela 2; Figuras 2A e 1D) o modelo de regressão response-platô linear apresentou melhor desempenho. Na temperatura de 30 °C (Tabela 2) as diferenças entre os critérios de seleção de modelo foram muito pequenas entre o platô-quadrático e o platô-linear.

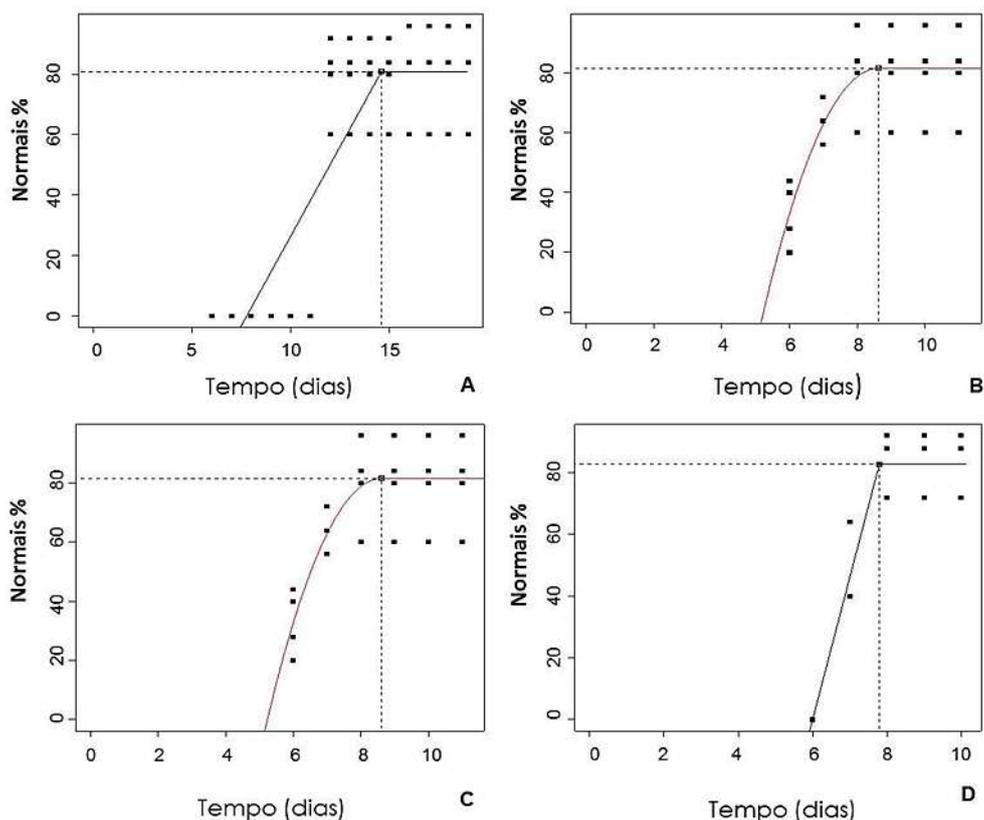


Figura 2. Tempo de estabilização para a formação de plântulas normais de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em resposta a temperatura. A: 20 °C; B: 25 °C; C: 30 °C e D: 35 °C.

Com base nos parâmetros dos modelos ajustados, e arredondando o tempo de estabilização para o valor maior e mais próximo, definiu-se a duração dos testes de germinação em ambiente controlado para sementes de *P. blanchetii* (Tabela 3). Os registros da primeira germinação e observação da primeira plântula normal, informados na tabela 3, foram observados nas planilhas de avaliação, sem tratamento estatístico.

Tabela 3. Duração do teste de germinação em ambiente controlado para sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima nas temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C.

Temperatura	TEMPO (DIAS)								
	IG	IN	TEG	TEN	DTG	DTN	ICG	ICN	ICGN
20 °C	3	12	8	15	8	15	3 e 8	12 e 15	3; 8; 12 e 15
25 °C	2	6	5	11	5	11	2 e 5	6 e 11	2; 6 e 11
30 °C	2	6	4	9	4	9	2 e 4	6 e 9	2; 6 e 9
35 °C	2	6	4	9	4	9	2 e 4	6 e 9	2; 6 e 9

IG: tempo necessário para o início da germinação; IN: tempo necessário para o início da formação de plântulas normais; TEG: tempo para estabilização da germinação; TEN: tempo da estabilização da

formação de plântulas normais; DTG: duração do teste de germinação para avaliação da protrusão de raiz primária; DTN: duração do teste de germinação para avaliação de plântulas normais; ICG: intervalo para contagens de avaliação da protrusão de raiz primária; ICN: intervalo para contagens de avaliação das plântulas normais; ICGN: intervalos de contagens para avaliação de protrusão de raiz primária e plântulas normais.

Os testes de germinação, em diferentes temperaturas, realizados para *P. blanchetii*, revelaram que a germinação (p-valor= 0,4) e a formação de plântulas normais (p-valor = 0,7) foram elevadas (> 80%) e não diferenciaram entre as temperaturas avaliadas. No entanto, através dos ajustes das curvas de germinação, utilizando os modelos linear segmentado com platô (MPL) e o quadrático segmentado com platô (MPQ), foi possível verificar que na temperatura de 20 °C a germinação foi tardia, em comparação com as temperaturas de 25, 30 e 35 °C. O menor tempo necessário para a realização de testes de germinação para *P. blanchetii* foi observado nas temperaturas de 30°C e 35 °C.

Depois da água, a temperatura é o fator mais importante para a germinação. Temperaturas muito altas ou muito baixas podem influenciar na velocidade de embebição, alterando atividades metabólicas (BEWLEY et al., 2013). O aumento da temperatura favorece a absorção da água pela semente em consequência da simplificação da molécula de água (KHAZAEI; MOHAMMADI, 2009; SHULL, 1920). Após a temperatura mínima, na qual a semente germina, aumentos de temperatura podem acelerar a germinação, até o ponto no qual o aumento da temperatura começa a inviabilizar o processo de germinação. O tempo necessário para ativação do processo germinativo, que se inicia logo após a embebição de água pela semente, depende das características da espécie, bem como a temperatura aplicada a mesma (ATAÍDE et al., 2016). Castilho et al. (2019) constataram que temperaturas acima de 30 °C podem acelerar a embebição, devido a modificações na membrana celular (BEWLEY et al., 2013).

Quanto maior o período de condução de testes de germinação maiores são os riscos de proliferação de microrganismos patogênicos (TOMAZ et al., 2010; CALDEIRA et al., 2015; MICHELON et al., 2021), além de maior tempo e recursos gastos no procedimento (GUIMARÃES et al., 2013; TOMAZ et al., 2016; MICHELON et al., 2021).

Considerando a germinação, com base no critério de protrusão de radícula, recomenda-se para *P. blanchetii*, uma única contagem no quarto dia

para temperaturas de 30 °C ou de 35 °C, e no quinto dia para temperatura de 25 °C. Entretanto, se o critério avaliado for a formação de plântulas normais serão necessárias duas contagens, 6 e 9 dias após a semeadura para testes conduzidos a 30 °C ou 35 °C, e 6 e 11 dias para a temperatura de 25 °C (Tabela 3). Conforme as Instruções para Análises de Sementes de Espécies Florestais (BRASIL, 2013) a primeira contagem pode ser realizada de três a dez dias, e os testes de germinação com menos de 10 dias não necessitam de primeira contagem.

Nas Instruções para Análises de Sementes de Espécies Florestais (Brasil, 2013), assim como nas Regras de Análises de Sementes (BRASIL, 2009), não há recomendações sobre protocolos de germinação para *P. blanchetii*. Entretanto, nas Instruções para Análises de Sementes de Espécies Florestais (Brasil, 2013) há indicação de protocolos de germinação para duas espécies do gênero *Parapiptadenia*, para *Parapiptadenia pterosperma* (Benth.) recomendam contagem inicial e final de 7 e 16 dias e para *Parapiptadenia rigida* (Benth.) de 7 e 14 dias.

O tempo para contagem em testes de germinação é pouco discutido, mas, sua abordagem permite identificar a condição, como por exemplo a temperatura, que proporciona menor tempo para atingir a máxima germinação, ou também, pode ser um indicativo de vigor. Oliveira et al. (2014) utilizaram como critério de classificação de plântulas vigorosas, aquelas que formaram plântulas normais bem desenvolvidas no primeiro dia de contagem, realizado quatro dias após a semeadura. Santos et al. (2020) ao trabalharem com diferentes cultivares de feijão-caupi, classificaram com maior vigor a cultivar que apresentou maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem. Desse modo o vigor de um lote de sementes pode ser determinado a partir do desenvolvimento germinativo da semente observado na primeira contagem.

Os ajustes de modelos segmentados response-platô contribuíram para determinação da duração dos testes de germinação e intervalos entre contagens para *P. blanchetii*, reduzindo a subjetividade da análise. Os modelos segmentados response-platô, também, foram utilizados, com sucesso, em estudos desenvolvidos com o intuito de aprimorar testes de germinação de espécies de importância agrícola, nos quais buscaram evidências para reduzir

a duração do teste de germinação para estas espécies. Guimaraes et al. (2013) utilizaram modelo de regressão segmentado para ajuste da curva de germinação, de sementes de *Coffea arabica* L., com a finalidade de propor modificação na duração do teste padrão de germinação da espécie. Tomaz et al. (2010) ajustando os dados com modelo de regressão, propuseram considerável diminuição no tempo de germinação de sementes de capim-tanzânia em relação ao recomendado pela RAS (Brasil, 2009). Tomaz et al. (2016) avaliaram a porcentagem de germinação de *Brachiaria humidicola* (Rendle) com modelo de regressão e constataram a necessidade de reduzir o tempo de condução do teste de germinação de 21 para 10 dias. Michelon et al. (2021) analisaram sementes de *Pinus taeda* L. com modelos de regressão, para definir um critério eficiente que reduza a duração de testes de germinação.

2.4 CONCLUSÃO

A duração de testes de germinação depende do critério de germinação e da temperatura. Para testes de germinação, conduzidos em temperaturas de 30 °C ou 35 °C, para o critério de protrusão radicular, recomenda-se única contagem no quarto dia após a semeadura. Para avaliar a formação de plântulas normais, sugere-se primeira e segunda contagem, aos seis e nove dias. Adotando-se a temperatura de 25°C, para o critério de germinação de protrusão radicular, recomenda-se contagem única no quinto dia, para formação de plântulas normais a primeira e segunda contagem devem ocorrer aos seis e onze dias.

REFERÊNCIAS

- ABDELLAOUI, R.; BOUGHALLEB, F.; ZAYOUD, D.; NEFFATI, M.; BAKHSHANDEH, E. Quantification of *Retama raetam* seed germination response to temperature and water potential using hydrothermal time concept. **Environmental and Experimental Botany**, v. 157, p. 211-216, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.10.014>
- AFFONSO, C. E.; SILVA, G. Z. D.; JEROMINI, T. S.; MARTINS, C. C. Germination test of *Eucalyptus phaeotricha* seeds. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, p. 653-657, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p653-657>
- AKAIKE, H. A. New look at the statistic model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 9, n. 6, p. 716-723, 1974.
- ARAÚJO, A. A.; SOARES, L. A. L.; FERREIRA, M. R. A.; SOUZA NETO, M. A.; SILVA, G. R.; ARAÚJO JR, R. F.; MELO, M. C. N. Quantification of polyphenols and evaluation of antimicrobial, analgesic and anti-inflammatory activities of aqueous and acetone–water extracts of *Libidibia ferrea*, *Parapiptadenia rigida* and *Psidium guajava*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 156, p. 88-96, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.07.031>
- ATAÍDE, G. D. M.; BORGES, E. E. D. L.; GONÇALVES, J. F. D. C.; GUIMARÃES, V. M.; FLORES, A. V. Alterações fisiológicas durante a hidratação de sementes de *Dalbergia nigra* ((Vell.) Fr. All. ex Benth.). **Ciência Florestal**, v. 26, p. 615-625, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509822761>
- BAFOIL, M.; AURÉLIE LE R.; MERBAHI, N.; EICHWALD, O.; DUNAND, C.; YOUSFI, M. New insights of low-temperature plasma effects on germination of three genotypes of *Arabidopsis thaliana* seeds under osmotic and saline stresses. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44927-4>
- BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**. 3ª ed. New York: Springer 2013, p 133-179.
- BORTOLIN, G. S.; SALINAS-ARCIENEGA, A. J.; GALVIZ-FAJARDO, Y. C.; AMARANTE, L.; PEDROSO, C. E. D. S.; OLIVEIRA, J. C. P.; KÖPP, M. M.; MARTINS, A. B. N.; TUNES, L. V. M. Seed germination and antioxidant enzyme activity in seedlings of diploid and tetraploid bahiagrass under water restriction. **Ciência Rural**, v. 50, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190382>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instruções para análise de sementes de espécies florestais**, 17 de janeiro de 2013, Brasília: MAPA, 2013. 98 p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/arquivos-publicacoes-laboratorio/florestal_documento_pdf-ilovepdf-compressed.pdf>. Acesso em: 20 de jul. de 2021.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Mapa/SDA. p. 399, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br>

- br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes.pdf. Acesso em: 20 de jul. de 2021.
- CALDEIRA, C. M.; CARVALHO, M. L. M. D.; OLIVEIRA, J. A.; KATAOKA, V. Y.; FREIRE, A. I. Reduced time for evaluation of the germination test for sunflower seeds. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 70-75, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v37n1139405>
- CARVALHO, E. S.; SOUZA, M. O.; SILVA, D. P.; SOUZA, M. D. H.; MENDONÇA, A. V. R. Thermal dependence in seed germination of *Diospyros inconstans* Jacq.(Ebenaceae). *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 2, p. 1-7, 2021.
- CASTILHO, I. M.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; MARINKE, L. S.; MARTINS, G. Z., MENEZES, J. B. C. Teste de condutividade elétrica na avaliação do potencial fisiológico de sementes de grão de bico. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 691-697, 2019. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.17449>
- DAIBES, L. F.; AMOÊDO, S. C.; DO NASCIMENTO MORAES, J.; FENELON, N.; SILVA, D. R., VARGAS, L. A.; FRIGERI, R. B. Thermal requirements of seed germination of ten tree species occurring in the western Brazilian Amazon. **Seed Science Research**, v. 29, n. 2, p. 115-123, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258519000096>
- EMILIANO, P. C.; VIVANCO, M. J.; MENEZES, F. S. Information criteria: How do they behave in different models?. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 69, p. 141-153, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csda.2013.07.032>
- FAN, Y.; ZHANG, S.; LAN, Z.; LAN, Q. Possible causes for the differentiation of *Pinus yunnanensis* and *P. Kesiya* var. *Langbianensis* in Yunnan, China: Evidence from seed germination. **Forest Ecology and Management**, v. 494, p. 119321, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119321>
- FOS, M.; ALFONSO, L.; FERRER-GALLEGO, P. P.; LAGUNA, E. Effect of salinity, temperature and hypersaline conditions on the seed germination in *Limonium mansanetianum* an endemic and threatened Mediterranean species. **Plant Biosystems**, v. 155, n. 1, p. 165-171, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1722276>
- FREITAS, T. A. S.; MENDONÇA, A. V. R.; DO NASCIMENTO, K. F.; OLIVEIRA, L. F. B.; SOUZA, L. S. Temperatura e fotoperíodo sobre a germinação de sementes de *Poincianella pyramidalis* (Tul.) LP Queiroz. **Magistra**, v. 30, p. 94-103, 2019. Disponível em: <https://magistraonline.ufrb.edu.br/index.php/magistra/article/view/551/370>. Acesso em: 10 de out. de 2021.
- GUIMARÃES, G. C; ROSA, S. D. V. F.; COELHO, L. F. S; VEIGA, A. D.; CLEMENTE, A. C. S. Minimum period to assess the potential of germination of coffee seeds. **Journal of Seed Science**, v.35, n.3, p.347-352, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S2317-15372013000300011>
- JEROMINI, T. S.; CRUZ, T. A.; PEREIRA, T. S.; SILVA, G. Z.; MARTINS, C. C. Determinação da metodologia para o teste de germinação de sementes de

Eucalyptus urophylla ST Blake (Myrtaceae). **Biotemas**, v. 33, n. 2, pág. 1, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7925.2020.e70268>

KHAZAEI, J.; MOHAMMADI, N. Effect of temperature on hydration kinetics of sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). **Journal of Food Engineering**, Davis, v. 91, p. 542-552, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.10.010>

KYU, S. Y.; NAING, A. H.; PE, P. P. W.; PARK, K. I.; KIM, C. K. Tomato seeds pretreated with Antifreeze protein type I (AFP I) promotes the germination under cold stress by regulating the genes involved in germination process. **Plant signaling & behavior**, v. 14, n. 12, p. 1682796, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15592324.2019.1682796>

LIMA, M. P. M.; LIMA, H. C. *Parapiptadenia Brenam* (Leguminosae-Mimosoideae) - Estudo taxonômico das espécies brasileiras. **Rodriguésia**, p. 23-30, 1984. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-78601984366004>

LINS, T. R. S.; BRAZ, R. L.; SILVA, T. C.; ARAUJO, E. C. G.; MEDEIROS, J. X.; REIS, C. A. Tannin content of the bark and branch of Caatinga species. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v31i1130061>

MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. D. L.; ARAÚJO, F. G. D.; LEANDRO, W. M. Crescimento de plantas de milho em solo acrescido de vermicompostos de lodo de curtume e irrigado com água residuária de esgoto doméstico. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, p. 8474-862, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1625>

MARTINS, M. T.; LAGEMANN, M. P.; VOGEL, H. L. M.; BUGS, C. A.; COSTA, E. A. SCHUMACHER, M. V. Crescimento e teores nutricionais de *Parapiptadenia rigida* consorciado com pastagem em diferentes espaçamentos e adubação. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 161-167, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v5i2.69585>

MICHELON, T. B.; SANTOS, F. S. D.; BELNIAKI, A. C.; VIEIRA, E. S. N.; PANOBIANCO, M. Time reduction to evaluate *Pinus taeda* seeds germination by time-to-event analysis. **Scientia Agricola**, v. 79, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2021-0092>

MITCHELL, J.; MUKHTAR, N. K.; BASSEL, G. W. Low temperature stimulates spatial molecular reprogramming of the *Arabidopsis* seed germination programme. **Seed Science Research**, v. 30, n. 1, p. 2-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258519000266>

MORIM, M. P. 2020. *Parapiptadenia in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB18917>>. Acesso em: 28 out. de 2021.

NGUYEN, C. D.; CHEN, J.; CLARK, D.; PEREZ, H.; HUO, H. A. Effects of Maternal Environment on Seed Germination and Seedling Vigor of *Petunia x hybrida* under Different Abiotic Stresses. **Plants**, v. 10, n. 3, p. 581, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10030581>

NIKOLIĆ, Z.; MILADINOV, Z.; VASILJEVIĆ, S.; KATANSKI, S.; TAMINDŽIĆ, G.; MILOŠEVIĆ, D.; PETROVIĆ, G. Legume vigour. **Acta agriculturae**

Serbica, v. 26, n. 51, p. 19-26, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5937/AASer2151019N>

OLIVEIRA, S. S. C. D.; MARTINS, C. C.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J. D. Seleção de progênies de nabo-forrageiro para germinação sob altas temperaturas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 217-222, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782014000200004>

PAMPLONA, J. D. P.; SOUZA, M. D. F.; SOUSA, D. M. M.; DE MESQUITA, H. C.; FREITAS, C. D. M.; LINS, H. A.; SILVA, D. V. Seed germination of *Bidens subalternans* DC. exposed to different environmental factors. **Plos one**, v. 15, n. 5, p. 12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233228>

PATANÈ, C.; COSENTINO, S. L.; CAVALLARO, V.; SAITA, A. Screening for Cold Tolerance during Germination within Sweet and Fiber Sorghums [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] for Energy Biomass. **Agronomy**, v. 11, n. 4, p. 620, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11040620>

PORCEDDU, M.; SANNA, M.; SERRA, S.; MANCONI, M.; BACCHETTA, G. Seed germination requirements of *Hypericum scruglii*, an endangered medicinal plant species of Sardinia (Italy). **Botany**, v. 98, n. 10, p. 615-621, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjb-2020-0039>

R Core Team (2020). R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.R-project.org/>. Disponível em: <<https://www.r-project.org>>. Acesso em: 01 de março 2021.

RIBEIRO, J. E. S.; LEITE, A. P.; NÓBREGA, J. S.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. D. L. A.; ALBUQUERQUE, M. B. Temperatures and substrates for germination and vigor of *Erythroxylum pauferrense* Plowman seeds. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 41, p. e46030-e46030, 2019. DOI: <http://orcid.org/0000-0002-1937-0066>

RIBEIRO, P. G.; QUEIROZ, L. P.; MORIM, M. P. Flora of Bahia: Leguminosae - *Parapiptadenia* (Mimosoideae: Mimoseae). **Sitientibus Série Ciências Biológicas**, v. 16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.13102/scb1133>

SANTOS, M. R.; TEIXEIRA, N. G. M.; JUNIOR, F. D. A. G.; FARIAS, T. S. F.; LEONARDO, F. D. A. P. Germinação e vigor de sementes de feijão-caupi em condições de déficit hídrico. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 29, n. 4, p. 389-399, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.32929/2446-8355.2020v29n4p389-399>

SCHUWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. **Annals of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 461-464, 1978. DOI: <https://doi.org/10.1214/aos/1176344136>

SHULL, C. A. Temperature and rate of moisture intake in seeds. **Botanical Gazette**, v. 69, p. 361, 1920. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/332672>. Acesso em: 10 de dez. de 2021.

TANVEER, A.; KHAN, M. A.; ALI, H. H.; JAVAID, M. M.; RAZA, A.; CHAUHAN, B. S. Influence of different environmental factors on the germination and seedling emergence of *Ipomoea eriocarpa* R. Br. **Crop Protection**, v. 130, p. 105070, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105070>

TOMAZ, C. A.; MARTINS, C. C.; CARVALHO, L. R. D.; NAKAGAWA, J. Duração do teste de germinação do capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 80-87, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400009>

TOMAZ, C. A.; MARTINS, C. C.; SILVA, G. Z.; VIEIRA, R. D. Period of time taken by *Brachiaria humidicola* (Rendle) Scheweick seed to complete germination. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 693-700, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n2p693>

TOMAZ, C. D. A.; MARTINS, C. C.; SANCHES, M. F. G.; VIEIRA, R. D. Time reduction for surinam grass seed germination test. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, p. 488-497, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000500007>

TOPANOTTI, L. R.; GERBER, D.; STOLARSKI, O. C.; TRENTIN, B. E.; PERTILLE, C. T.; SCHORR, L. P. B.; BECHARA, F. C. Initial growth performance of valuable timber species in southern Brazil: *Araucaria angustifolia*, *Balfourodendron riedelianum*, and *Parapiptadenia rígida*. **Revista Árvore**, v. 43, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000400004>

ZANON, M. E.; MAZZINI-GUEDES, R. B.; FERRAZ, M. V.; BEZERRA, A. K. D.; MUNIZ, A. C. C., PIVETTA, K. F. L. Temperature, potassium nitrate, substrate, and harvesting time on the germination of zoysia grass seeds. **Ornamental Horticulture**, v. 26, p. 51-56, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v26i1.2043>