

<https://doi.org/10.5016/1984-5529.2025.v53.1435>

Temperatura na germinação de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)

Temperature in the germination of *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima (FABACEAE)

Edimara Ribeiro de SOUZA¹; Manuela Oliveira de SOUZA²; Jiovana Pereira Amorim SANTOS³; Edvânia da Silva CARVALHO⁴; Andrea Vita Reis MENDONÇA⁵

¹ “Autora para correspondência”, Mestre em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Campus Cruz das Almas, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA. e-mail: edimara21ribeiro@gmail.com

² Doutora em Biotecnologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Campus Cruz das Almas. e-mail: manuelasouza@ufrb.edu.br

³ Mestre em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Campus Cruz das Almas. e-mail: jiovanapamorim@gmail.com

⁴ Mestre em Recursos Genéticos Vegetais, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Campus Cruz das Almas. e-mail: edvaniacarvalho19@hotmail.com

⁵ Doutora em Produção Vegetal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) – Campus Cruz das Almas. e-mail: andrea@ufrb.edu.br

Recebido em: 22-09-2022; Aceito em: 02-12-2025

Resumo

Parapiptadenia blanchetii (Benth.) é uma espécie endêmica do Brasil, arbórea, com potencialidade farmacológica e o conhecimento sobre a germinação das sementes contribui para a utilização da espécie. Entre os fatores que afetam a germinação, a temperatura se destaca, mas não foram encontrados estudos para esta espécie. Assim, objetivou-se avaliar o efeito da temperatura (20, 25, 30 e 35 °C) na germinação de *P. blanchetii*. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições. A temperatura não influenciou a porcentagem de germinação, plântulas normais, anormais e mortas. Porém, a temperatura influenciou o comprimento das plântulas, que expressaram maior vigor entre 26 °C e 28 °C. A porcentagem de germinação e plântulas normais foi maior que 80%, logo, não foi possível definir as temperaturas cardeais da *P. blanchetii*.

Palavras-chave adicionais: temperaturas cardeais; vigor de sementes; espécies florestais.

Abstract

Parapiptadenia blanchetii (Benth.) is an endemic species from Brazil, arboreal, with pharmacological potential and knowledge about seed germination contributes to the use of the species. Among the factors that affect germination, temperature stands out, but no studies were found for this species. The objective this paper was to evaluate the effect of temperature (20, 25, 30 and 35 °C) on *P. blanchetii* germination. The experiment was carried out in a completely randomized design, with four treatments and four replications. The temperature did not influence the germination percentage, 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 germination and normal seedlings was greater than 80%, so it was not possible to define the cardinal temperatures of *P. blanchetii*.

Additional keywords: cardinal temperatures; seed vigor; forest species.

Introdução

P. blanchetii é uma espécie nativa, de hábito arbóreo, pertencente à família Fabaceae, conhecida popularmente por fava, faveiro, fava-preta e fava-cabocla, encontrada nos estados da Bahia e Pernambuco (Flora & Funga do Brasil, 2022; Ribeiro et al., 2016). Apesar das informações sobre a mesma estarem restritas a estudos taxonômicos (Lima & Lima, 1984; Ribeiro et al., 2016), constitui-se em uma das espécies eleita em estudos prioritários no Centro de Referência em Restauração Florestal – CRRF/Mata Atlântica, Bahia (Mendonça et al., 2018).

Espécies com informações escassas como *P. blanchetii* revelam a urgência de estudos básicos que busquem compreender os mecanismos de propagação. Esse entendimento constitui-se uma das primeiras etapas em ações de conservação de espécies nativas. Assim, os estudos de germinação são pautados primariamente na temperatura que é um dos principais fatores que regulam o processo germinativo, bem como no desenvolvimento pós-seminal, culminando na formação e estabelecimento de plântulas.

A temperatura exerce papel decisivo nos processos metabólicos, que envolvem a oxidação de carboidratos e consequente respiração celular. Entretanto, sendo as enzimas responsáveis por essas reações, elas expressão a sua máxima catálise em faixas de temperaturas que variam entre as espécies (Bewley et al., 2013; Nikolić et al., 2021). E mesmo na espécie, a variação dos requisitos básicos relacionados

a temperatura pode ser diferente entre os processos, seja na emissão radicular, que caracteriza a germinação das sementes, seja na formação de plântulas, que regulam o desenvolvimento pós-seminal.

Estudos recentes com *P. blanchetii* demonstram que a temperatura influencia diretamente a duração e a eficiência dos testes de germinação, permitindo otimizar o tempo de avaliação e favorecer o desenvolvimento de plântulas normais (Souza et al., 2023). A definição dessas condições é essencial para otimizar a produção de mudas, reduzir custos experimentais e subsidiar estratégias de conservação e propagação da espécie. Desse modo, identificar as faixas de temperaturas adequadas para uma determinada espécie, bem como aquelas que regulam os distintos mecanismos de germinação são de extrema relevância em estudos de propagação.

Além disso, estudos como este constitui-se como etapa decisiva na tomada de decisões relacionadas à conservação do germoplasma semente. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura na germinação e desenvolvimento pós seminal de *P. blanchetii*.

Material e métodos

Caracterização do local e material experimental

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, campus de Cruz das Almas, Bahia. Conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2013), o clima da região é de transição de Am para Aw (tropical subúmido a seco). A temperatura média anual é de 24,2 °C, com umidade relativa anual de 80% e pluviosidade média anual de 1200 mm. No mês com temperaturas mais amenas, este apresenta temperatura média superior a 18 °C e no mês mais seco pluviosidade igual ou superior a 60 mm.

As sementes de *P. blanchetii* 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 e 39°04'56.2"W), com altitude média de 225 m. Realizou-se o beneficiamento manual dos frutos. As sementes apresentavam 11,3% de umidade, determinada de acordo com método da estufa a 105 °C por 24 horas (Brasil, 2009), as quais foram mantidas em recipiente de vidro em ambiente de laboratório até a instalação do experimento.

Tratamentos, delineamento e unidade experimental

Foram avaliados quatro tratamentos, correspondentes às temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Cada unidade experimental contou com 25

sementes.

Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em 10 de outubro de 2018. Utilizou-se papel de germinação como substrato, o qual foi umedecido com água destilada na quantidade de 2,5 vezes seu peso (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.

Avaliações realizadas

Foram realizadas contagens diárias, por 22 dias, das seguintes variáveis: a) número de sementes germinadas: foi utilizado o critério de protrusão de raiz (Bewley et al., 2013); b) número de sementes mortas: correspondeu às sementes que degradaram durante o período de avaliação; c) número de plântulas normais e anormais: correspondeu às plântulas que apresentaram e não apresentaram estruturas essenciais adequadamente desenvolvidas e proporcionais, respectivamente (Brasil, 2009). Durante o teste, as plântulas normais foram removidas assim que contabilizadas e mensuradas quanto ao comprimento da parte aérea e da raiz; d) tempo médio de germinação (TMG): mensurado conforme proposto por Labouriau (1983), como a média ponderada do tempo de germinação (Santana & Ranal, 2004); e) índice de velocidade de germinação (IVG): mensurado conforme proposto (Goodchild & Walker, 1971; Santana & Ranal, 2004); f) coeficiente de uniformidade de germinação (CUG): correspondeu à variabilidade do tempo de germinação para cada semente em torno do tempo médio (Santana & Ranal, 2004); g) índice de sincronização: correspondeu à variação da germinação ao longo do tempo (Santana & Ranal, 2004); h) uniformidade de germinação: foi 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); i) 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).

Análise estatística

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 (MLG). 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. 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 & Thiele (2021).

Realizou-se 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 omoscedasticidade. As análises foram realizadas no software R versão 4.0.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

Análise das variáveis contínuas

O comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR), tempo médio de germinação (TMG), 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).

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 & 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).

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) (Schwarz, 1978).

Tabela 1 - Modelos de regressão não linear para descrever a curvas de germinação de *Parapiptadenia blanchetii* em função do tempo e temperatura.

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 citado por Sousa et al. (2014) diz 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 assimptótica; 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.

Resultados e Discussão

Variáveis de proporção

De acordo com os resultados da análise de variância e dos modelos lineares generalizados, a temperatura não influenciou estas variáveis (Tabela 2). O percentual de germinação, plântulas normais, plântulas anormais e sementes mortas atenderam aos pressupostos da análise de variância (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.

Variáveis	Teste de Bartlett		Teste Shapiro-Wilk	
	χ^2	p-valor	W	p-valor
Germinação	2.1	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 - Germinação de sementes e desenvolvimento pós-seminal de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M.P.Lima em resposta a temperaturas, segundo Modelos Lineares Generalizados (ANODEV) e 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											
	Parâmetro dispersão	1											
Plântulas normais	Coeficiente variação%	-											
	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											
Plântulas anormais	Parâmetro dispersão	1											
	Coeficiente variação%	-											
	Nulo	-	15			18.326	0.20	15			668		
	Temperatura	1	14	0.08			18.238	0.77	3	12	116		
Sementes mortas	AIC/BIC	63.27/64.81											
	Parâmetro dispersão	1											
	Coeficiente variação%	-											
	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											
	Parâmetro dispersão	1											
	Coeficiente variação%	-											

GL: Grau de liberdade; GL. d: Grau de liberdade do desvio; AIC: critério de informação de Akaike. BIC: critério de informação Bayesiano

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, o que foi observado para plântulas normais e anormais (Tabela 3). Além disto, quando o resultado da divisão de residual deviance pelo grau de liberdade se apresentar 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 (Faraway, 2006; Diniz & Thiele, 2021). 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). Neste caso, para estas duas variáveis, está ocorrendo alta sobredispersão. Assim, para a proporção de sementes germinadas e mortas foi necessário o

emprego do modelo quasibinomial para melhorar o ajuste, o que resultou no aumento do parâmetro de dispersão, que foi próximo de 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 à análise de variância clássica em estudo de germinação.

Neste estudo, a análise de variância clássica e o ajuste por modelos lineares generalizados resultaram nas mesmas conclusões práticas, nas quais as variáveis sementes germinadas, plântulas normais e anormais, e sementes mortas não foram influenciadas pelas temperaturas testadas (Tabela 3).

De acordo com a estatística descritiva, por tratamento e para os dados gerais, a germinação e a formação de plântulas normais foram elevadas, independente da temperatura empregada (Tabela 4), resultado este que não permitiu determinar as temperaturas cardeais mínima e máxima, em consequência da germinação ter ocorrido em todas as temperaturas testadas. Esses resultados se assemelham aos obtidos por Souza et al. (2023), que também verificaram germinação em todas as temperaturas avaliadas para sementes de *P. blanchetii*. Tais achados reforçam a importância de compreender o comportamento fisiológico das sementes sob diferentes condições térmicas, de modo a subsidiar estratégias mais eficazes de propagação e conservação da espécie. Portanto, a espécie possui boa plasticidade de germinação às temperaturas avaliadas e recomenda-se a realização de testes de germinação com temperaturas inferiores a 20 °C e superiores a 35 °C para a espécie em questão.

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

Tabela 4 - Análise descritiva do percentual de germinação, plântulas normais, anormais e sementes mortas de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M.P.Lima em função da temperatura.

Temperatura	Germinação (%)				Plântulas normais (%)			
	Média	Med	Máx	Mín	Média	Med	Máx	Mín
20 °C	89	88	100	80	82	84	96	64
25 °C	96	96	100	92	82	80	88	80
30 °C	94	98	100	80	82	82	96	68
35 °C	93	94	96	88	84	86	92	72
Geral	93	94	100	80	82.5	84	96	64

Temperatura	Plântulas anormais (%)				Sementes mortas (%)			
	Média	Med	Máx	Mín	Média	Med	Máx	Mín
20 °C	7	4	16	4	11	12	20	0
25 °C	14	16	20	4	4	4	8	0
30 °C	12	14	16	4	6	2	20	0
35 °C	9	6	20	4	7	6	12	4
Geral	10.5	10	20	4	7	6	20	0

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

Comprimento de plântula

A temperatura influenciou o comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas (Tabela 5). O processo de germinação ocorreu em todas as temperaturas, porém, com 27,9 e 26,1 °C foram observados os máximos comprimentos da parte aérea (Figura 1 A) e da raiz (Figura 1 B), respectivamente. Assim, as temperaturas entre 26 °C a 28 °C proporcionaram às plântulas de *P. blanchetii* expressar maior vigor. Guedes et al. (2015) esclarecem que sementes mais vigorosas produzem plântulas de maior comprimento, uniformidade e velocidade o que pode contribuir na produção de mudas em campo, devido a maior aceleração dos processos metabólicos.

Tabela 5 - Análise de variância para influência da temperatura no comprimento da parte aérea (CPA) e comprimento radicular (CR) 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.

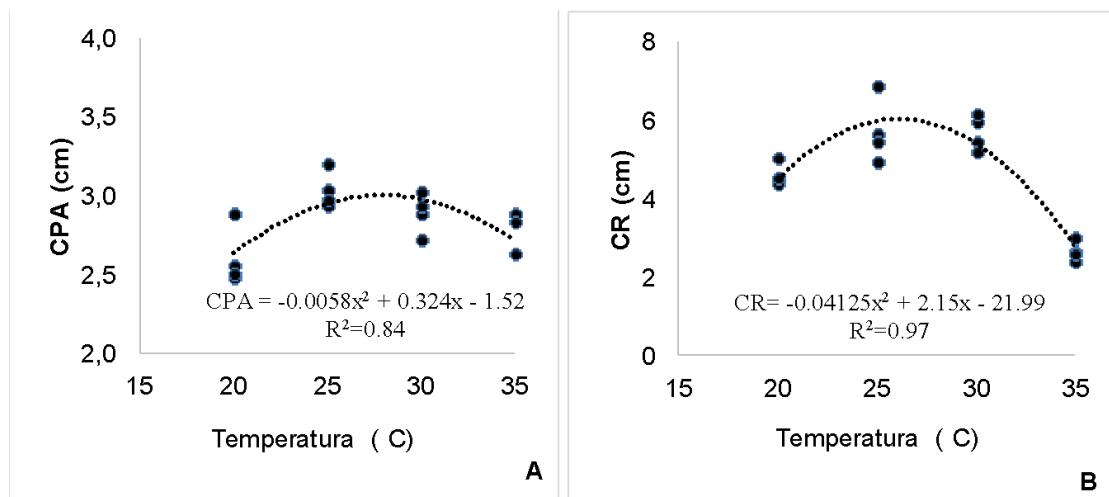


Figura 1 - Comprimento da parte aérea (CPA) e da raiz (CR) de plântulas de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima em função da temperatura na germinação de sementes.

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, consequentemente, 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 $0,57 \text{ cm dia}^{-1}$, enquanto, em condições ideais de temperatura, o valor para o incremento em comprimento de raiz foi de $1,23 \text{ cm dia}^{-1}$.

Oliveira et al. (2014), ao trabalhar com sementes da espécie arbórea jatobá-mirim (*Guibourtia hymenaeifolia* (Moric.) J. Léonard), em temperaturas de 20, 25, 30 e 35 °C, demonstraram que 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 está relacionada com a área de ocorrência da espécie (Fernandes et al., 2019), e que as sementes de *P. blanchetii* foram coletadas em áreas de Mata Atlântica, a temperatura para a germinação foi adequada, visto que o maior comprimento de plântula ocorreu entre 26 a 28 °C.

Tempo médio de germinação (TMG)

A temperatura influenciou o TMG ($p\text{-valor}=0,0002$). 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 ($p\text{-valor}=0,61$) e de homocedasticidade, Bartlett ($p\text{-valor}=0,05$) confirmaram o atendimento dos pressupostos da análise empregada.

O TMG de sementes de *P. blanchetii* reduziu com a elevação da temperatura até 31,4 °C (Figura 2). O resultado corrobora o de Souza et al (2023) que observou redução no tempo de germinação em temperaturas de 30 ou 35 °C em testes de germinação de *P. blanchetii*. Além disso, Souto et al. (2017) 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 & 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 diminui, o que foi notado no presente estudo.

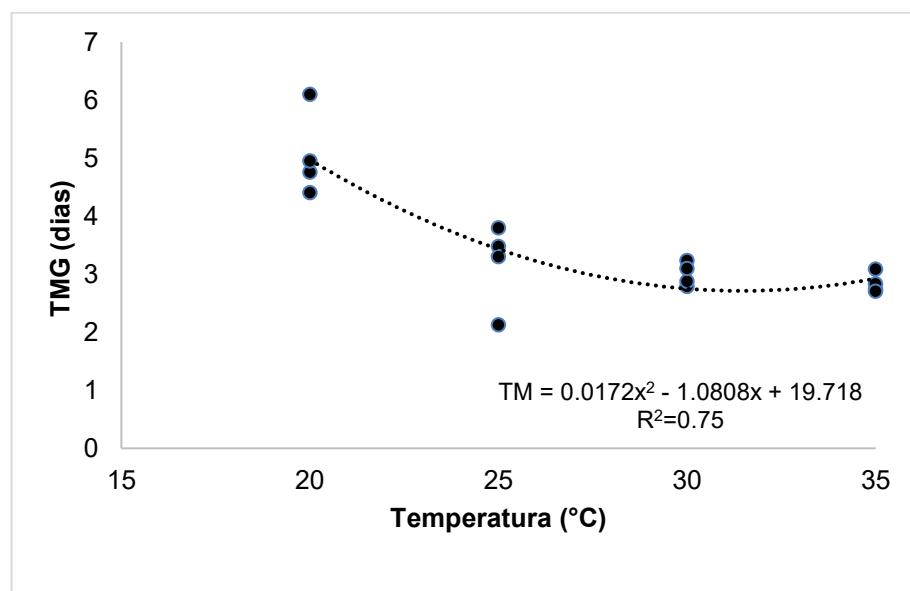


Figura 2 - Tempo médio de germinação (TMG) em sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M.P.Lima em função da temperatura.

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

Com base no comprimento de plântula, temperaturas entre 26°C a 28 °C proporcionaram às sementes de *P. blanchetii* expressar maior vigor, acima desta temperatura o crescimento das plântulas reduziu, enquanto o menor TMG ocorreu a 31,4°C. Esses resultados diferem do encontrado por Ozden et al. (2021), que o melhor TMG de berinjela refletiu na qualidade e no comprimento de plântulas em temperaturas de 20-35 °C.

Tempo para 50% de 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. Vale ressaltar que a tentativa de transformação dos dados não resultou em 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 inviável (Michelon et al., 2019). O ajuste por Poisson apresentou subdispersão. Assim, utilizou-se a 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).

Em temperaturas inferiores e superiores àquela considerada ótima para a germinação da espécie, o valor de T_{50} aumenta atrasando o processo germinativo. Cabrera-Santos et al. (2021) verificaram que o T_{50} de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) foi 4,4 vezes mais rápido à 30 °C que 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 inferiores (10 - 17 °C) e superior (40 °C). Yeom et al. (2021) ajustaram modelo de regressão de T_{50} em função da temperatura, e a curva ajustada foi semelhante à encontrada no presente estudo, na qual o modelo quadrático representou a tendência de queda do T_{50} das menores temperaturas em direção as temperaturas intermediarias, seguido de tendência de aumento após a temperatura ótima.

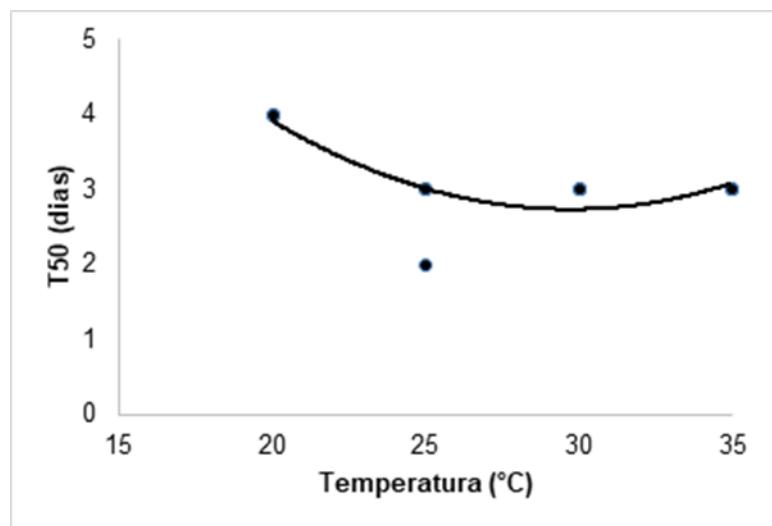


Figura 3 - Tempo para 50% de germinação (T_{50}) de sementes *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.)

Vaz & M.P. Lima em função da temperatura.

Índice de velocidade de germinação (IVG)

Houve efeito da temperatura sobre o 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 a 31 °C (Figura 4). Este resultado corrobora o encontrado para TMG, cujo mínimo foi 31,4 °C.

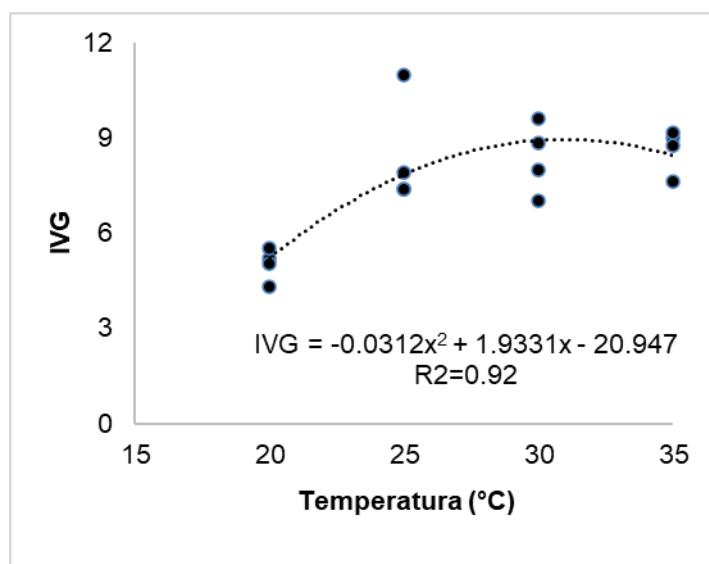


Figura 4 - Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes *Parapiptadenia blanchetii*

(Benth.) Vaz & M.P. Lima em função da temperatura.

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 ($p\text{-valor}=0,04$) e os resíduos não apresentaram distribuição normal, conforme teste de Shapiro-Wilk ($p\text{-valor}=0,02$). Os dados foram transformados pelos 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 variação entre 8,8 e 0,35. Ao analisar a causa destas discrepâncias, constatou-se que quando o valor do TMG 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 TMG for igual entre as repetições dos tratamentos a serem comparados (Ranal & Santana, 2006). Na literatura, são escassos os estudos que avaliam o CUG.

Uniformidade de germinação (U_{8416})

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 ($p\text{-valor}=2,2E}10^{-16}$) e os resíduos não apresentaram distribuição normal, conforme teste de Shapiro-Wilk ($p\text{-valor}=0,03$).

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 ($\text{deviance}=9,28$, graus de liberdade do resíduo=14 e parâmetro de dispersão=1) e não foi detectado efeito significativo da temperatura sobre esta variável U_{8416} ($p\text{-valor}=0,99$). 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.

Índice de sincronização (IS)

A partir dos resultados obtidos neste estudo foi possível verificar que a temperatura não influenciou o IS ($p\text{-valor}= 0,88$) e que os pressupostos da análise de variância foram atendidos (Tabela 6). Esses resultados estão de acordo ao apresentado por Godoi et al. (2004), os quais em estudos com sementes de

Cecropia hololeuca 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*, verificaram que o IS da germinação respondeu de forma semelhante às temperaturas. Santos et al. (2020), no entanto, para sementes de *Stryphnodendron pulcherrimum*, encontraram maior sincronização a 30 °C.

Tabela 6 - 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

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 temperaturas avaliadas.

Para a temperatura de 20 °C o modelo de Weibull resultou em menor devience, menor %S, e menor AIC. Entretanto, o parâmetro *c* foi não significativo e teve intervalo de confiança muito amplo (Tabela 7). 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.

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 8).

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 9).

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 10).

Tabela 7 - Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima na temperatura de 20 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	87.90***	84.76	91.12					
	b	-265.26***	-349.89	-205.06	11148.1	15.4	657	666.7	0.81
	c	-0.503***	-0.617	0.408					
Hill	a	-3.02 ns	-13.24	7.2					
	b	88.39***	77.78	98.99	8366	13.4	634.9	647	0.86
	c	10.78***	5.62	15.93					
	d	3.63***	3.39	3.87					
Logístico	a	85.06***	82.69	87.44					
	b	-3.7**	-6.48	-1.72	8516.6	13.5	634.4	644.1	0.86
	c	-4.1***	-3.9	-3.49					
Gompertz	a	85.45***	83.07	87.83					
	b	3.46***	-2.81	-1.34	8255.9	13.3	631.8	641.5	0.86
	c	-2.08***	3.27	3.65					
Von Bertalanffy	a	86.38***	83.89	88.88					
	b	12.52***	5.69	19.35	8580.1	13.5	635	644.7	0.86
	c	-1.11***	-1.3	-0.93					
Weibull	a	137.33***	130.36	144.3					
	b	139.44***	123.55	155.33	7871	13	629.8	641.9	0.87
	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. S: desvio padrão; AIC: critério de informação de Akaike. BIC: critério de informação Bayesiano

Tabela 8 - Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima na temperatura de 25 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	95.3***	93.33	92.28					
	b	-771.12**	-1342.98	-199.32	5673.5	9.25	600.3	610	0.78
	c	-1.2***	-1.55	-0.85					
Logístico	a	94.99***	93.06	96.92					
	b	-2.44***	-2.91	-1.61	5765.3	9.32	601.6	611.3	0.77
	c	-2.26***	-2.59	-2.29					
Gompertz	a	95.12***	93.18	97.07					
	b	2.17***	-2.12	-1.19	5720.2	9.28	600.9	610.7	0.77
	c	-1.66***	2.04	2.3					
Von Bertalanffy	a	95.18***	93.22	97.13					
	b	7.00*	0.43	13.57	5704.4	9.27	600.7	610.4	0.78
	c	-1.49***	-1.91	-1.06					

Valores significativos 0 ***, 0.001 **, 0.01 *, >0.05 ., ns: não significativo. S: desvio padrão. AIC: critério de informação de Akaike. BIC: critério de informação Bayesiano

Tabela 9 - Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima na temperatura de 30 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	93.41***	91.39	95.43					
	b	-12930.0 ns	-53025.13	27171.56	6425.9	9.95	610.7	620.4	0.77
	c	-2.57**	-4.12	-1.02					
Logístico	a	93.38***	91.37	95.38					
	b	-2.34***	-6.05	-2.17	6432.1	9.95	610.8	620.5	0.77
	c	-4.21***	-2.51	-2.17					
Gompertz	a	93.39***	91.38	95.4					
	b	2.15***	-4.96	-1.6	6429.8	9.95	610.8	620.5	0.77
	c	-3.29***	2.04	2.26					
Von Bertalanffy	a	93.4***	91.38	95.41					
	b	178.97 ns	-412	769.97	6428.7	9.95	610.8	620.5	0.77
	c	-3.02***	-4.66	-1.39					

Valores significativos 0 ***, 0.001 **, 0.01 *, >0.05 ., ns: não significativo. S: desvio padrão. AIC: critério de informação de Akaike. BIC: critério de informação Bayesiano

Tabela 10 - Parâmetros dos modelos ajustados para curva de germinação de sementes de *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz & M. P. Lima na temperatura de 35 °C.

Modelo	Parâmetro	Estimativas	LI	LS	Deviance	%S	AIC	BIC	R ²
Exponencial	a	92.7***	91.73	93.67					
	b	-40270.0 ns	-163022.7	82481.6	1498.91	4.82	488.44	498.2	0.92
	c	-3.19***	-4.71	1.66					
Logístico	a	92.69***	91.72	93.66					
	b	-2.23***	-6.19	-2.9	1500.03	4.82	488.5	498.2	0.92
	c	-4.55***	-2.32	-2.14					
Gompertz	a	92.69***	91.72	93.66					
	b	2.08***	-5.39	-2.21	1499.59	4.82	488.5	498.2	0.92
	c	-3.80***	2.03	2.12					
Von Bertalanffy	a	92.69***	91.72	93.66					
	b	464.25 ns	-995.4	1923.9	1499.39	4.82	488.5	498.2	0.92
	c	-3.58***	-5.14	-2.01					

Valores significativos 0 ***, 0.001 **, 0.01 *, >0.05 ., ns: não significativo. S: desvio padrão. AIC: critério de informação de Akaike. BIC: critério de informação Bayesiano

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 e no modelo Logístico indica quanto tempo leva para atingir 37 (T_{37}) e 50% (T_{50}) do valor máximo de germinação (T_{37}), respectivamente. Assim, em ambos modelos, este parâmetro representa um indicativo de velocidade e quanto menor, 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 11). 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. Entretanto, há sobreposição dos intervalos de confiança para estes parâmetros quando foram comparadas as temperaturas 25, 30 e 35 °C. Portanto, com base no ajuste das curvas de germinação às temperaturas avaliadas, 20 °C diferiu das demais, e o comportamento das curvas de 25, 30 e 35 °C foram 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 11 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 11).

Tabela 11 - Tempos 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), 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

Com base nas variáveis sementes germinadas, plântulas normais, plântulas anormais, sementes mortas, U₈₄₁₆ e IS, é possível afirmar que as temperaturas avaliadas não influenciaram a germinação da *P. blanchetii*. Entretanto, o CPA, o CR, o TMG, T_{50} e o IVG responderam significativamente aos tratamentos. Os pontos de máximo comprimento de parte aérea e de raiz foram 27,9 °C e 26,1 °C, respectivamente, enquanto o mínimo TMG e o máximo IVG foram 31,4 °C e 31 °C, respectivamente. O T_{50} atingiu mínimo valor na temperatura de 30 °C. Assim, com exceção do TMG e do IVG, a resposta das variáveis à temperatura foi divergente, impossibilitando a indicação de uma única temperatura ótima para a germinação de sementes de *P. blanchetii*. Pode-se inferir que a temperatura de germinação recomendada para esta espécie seja superior a 25°C e inferior a 30 °C.

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 é a região de maior predominância 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, e 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.

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), TMG, IVG e T₅₀ encontradas neste estudo.

Vale ressaltar que a depender da espécie, principalmente se for nativa, 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.

Conclusões

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.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal da Educação – Brasil (CAPES), ao Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) e ao Centro de Referência em Restauração Florestal da Mata Atlântica, CRRF/MA, Bahia.

Referências

AKAIKE HA (1974) New look at the statistic model identification. IEEE transactions on automatic control 9 (6):716-723. <https://doi.org/10.1109/TAC.1974.1100705>

AKHTAMOV M, Adeva C, Shim KC, Lee HS, Kim SH, Jeon YA, Ahn SN (2020) 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 11(10):1200. doi: <https://doi.org/10.3390/genes11101200>

AMORIM DJ, Faria RQ, Santos ARP, Silva EAA, Sartori MMP (2019) Evaluation of germination and vigor in corn seeds using the Hill function. Scientific Electronic Archives 12(3):47-52. doi: <https://doi.org/10.36560/1232019752>

ARANTES SD, Chaves IS, Arantes LO, Alvarenga AA, Santana RC, Barker D. L, Lavanhole, DF, Posse SC. P. (2018) Physiological quality of seeds of shepherds purse (*Zeyheria montana* M. Bignoniacaeae) as a function of substrate temperature and storage. African Journal of Agricultural Research 13(33):1689-1697. doi: <https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12292>

BEWLEY JD, Bradford K, Hilhorst, HWM, Nonogaki H (2013) Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy, New York: Springer 6: 247-295. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4_6

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). Regras para análise de sementes. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária. Mapa/SDA. p. 399, 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).

CABRERA-SANTOS D, Ordoñez-salanueva CA, Sampayo-Maldonado S, Campos JE, Orozco-Segovia A, flores-ortiz CM (2021) Chia (*Salvia hispanica* L.) Seed Soaking, Germination, and Fatty Acid Behavior at Different Temperatures. Agriculture 11(6):498. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture11060498>

CAMPBELL SM, Pearson BJ, Marble SC (2020) Substrate type and temperature on germination parameters of Butterfly Pea. HortTechnology 30(3): 398-403. doi: <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04583-20>

CARVALHO FJ, Santana DGD, Araújo, LBD (2018) Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? Journal of Seed Science 40: 281-287.
doi: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v40n3185259>

DAIBES IF, Martins AR, Silveira FA, Fidelis A (2021) Seed tolerance to post-fire temperature fluctuation of Cerrado legume shrubs with micromorphological implications. Flora 275: 151761
doi: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151761>

DINIZ ES, Thiele JAN (2021) Modelos de regressão em R. 2.ed., Viçosa, Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/350812657_Modelos_de_regressao_em_R>. (Acesso em: 12 de mai 2021).

DONG H, Ma Y, Wu H, JIANG W, MA X (2020) Germination of Solanum nigrum L. (black nightshade) in response to different abiotic factors. Planta Daninha 38.
doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582020380100049>

DUNCAN C, Schultz N, Lewandrowski W, Good MK, Cook S (2019) Lower dormancy with rapid germination is an important strategy for seeds in an arid zone with unpredictable rainfall. PLoS One 14(9): e0218421. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218421>

FARAWAY JJ (2006) Extending the Linear Model with R: Generalized Linear, Mixed Effects and Nonparametric Regression Models. Chapman & Hall/CRC Taylor & Francis Group, Parkway, New York.

FERNANDES RM, Abreu CAA, Oliveira AKM (2019) Seed germination and seedling formation of Eugenia stictopetala (Myrtaceae) under different environmental conditions. Floresta 49(4):869-876. doi: <https://doi.org/10.5380/rf.v49i4.62077>

FLORA e Funga do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. (Acesso em: 09 set. 2022).

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

GOODCHILD NA, Walker MG (1971) A method of measuring seed germination in physiological studies. Annals of Botany 35: 615-621.
doi: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084504>

GUEDES RS, Alves EU, Gonçalves EP, Bruno RD LA, Júnior JMB, Medeiros MS (2009) Germinação de sementes de Cereus jamacaru DC. em diferentes substratos e temperaturas. Acta Scientiarum. Biological Sciences, 31(2)159-164
doi: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v31i2.635>

GUEDES RS, Alves EU, Santos-Moura SS, Galindo EA (2015) Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de Amburana cearensis (Allemano) AC Smith. Semina: Ciências Agrárias 36(4): 2373-2381.
doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n4p2373>

INMET (2018) Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/>> (Acesso em: 10 de set. 2022).

LABOURIAU LG (1983) A germinação das sementes. Washington. Secretaria Geral da OEA.

LAFOND GP, Baker RJ (1986) Effects of Temperature, Moisture Stress, and Seed Size on Germination of Nine Spring Wheat Cultivars. *Crop science* 26(3):563-567.
doi: <https://doi.org/10.2135/cropsci1986.0011183X002600030028x>

LIMA MPM, Lima HC (1984) Parapiptadenia Brenam (Leguminosae-Mimosoideae) - Estudo taxonômico das espécies brasileiras. *Rodriguésia*, p. 23-30.
doi: <https://doi.org/10.1590/2175-78601984366004>

LUO T, Zhang Y, Zhang C, Nelson MN, Yuan J, Guo L, Xu Z (2021) Genome-Wide Association Mapping Unravels the Genetic Control of Seed Vigor under Low-Temperature Conditions in Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plants* 10(3): 426.
doi: <https://doi.org/10.3390/plants10030426>

MENDONÇA, AVR, Souza JS (2018) Bases para a definição de protocolos para propagação de espécies das áreas de proteção ambiental (APA): Lago da Pedra do Cavalo e Joanes Ipitanga, Bahia. In: Mendonça, A.V.R et al. (Org.). Propagação de espécies florestais nativas da Bahia: uma contribuição para conservação das APAs de Joanes-Ipitanga e Lago Pedra do Cavalo. Cruz das Almas: UFRB. p.9-92.

MICHELON TB, Taconeli CA, Vieira ESN, Panobianco M (2019) *Eucalyptus cloeziana* seed count data: a comparative analysis of statistical models. *Ciência e Agrotecnologia* 43.
doi: <https://doi.org/10.1590/1413-7054201943020619>

MÜLLER FL, Raitt LM, Cyster LF, Cupido CF, Samuels MI, Chimphango SBM, Boatwright JS (2019) 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* 121:224-229. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.012>

NIKOLIC Z, Miladinov Z, Vasiljević S, Katanski S, Tamindžić G, Milošević D, Petrović G (2021) Legume vigour. *Acta agriculturae Serbica* 26(51):19-26.
doi: <https://doi.org/10.5937/AASer2151019N>

OLIVEIRA AKMD, Pereira KCL (2014) Efeito de diferentes temperaturas na germinação e crescimento radicular de sementes de jatobá-mirim (*Guibourtia hymenaeifolia* (Moric.) J. Léonard). *Ciência Florestal* 24(1): 111-116. doi: <https://doi.org/10.5902/1980509813328>

OLIVEIRA AS, Souza LS (2020) 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 2021).

OZDEN E, Light ME, Demir I (2021) Alternating temperatures increase germination and emergence in relation to endogenous hormones and enzyme activities in aubergine seeds. *South African Journal of Botany* 139: 130-139. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.02.015>

PAMPLONA JDP, Souza MDF, Sousa DMM, Mesquita HC, Freitas CDM, Lins HÁ, Silva DV (2020) Seed germination of *Bidens subalternans* DC. exposed to different environmental factors. *Plos one* 15(5): e0233228. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233228>

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 mar 2021).

RANAL MA, Santana DGD (2006) How and why to measure the germination process? *Brazilian Journal of Botany* 29(01):1-11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>

RIBEIRO PG, Queiroz LP, MORIM MP (2016) Flora of Bahia: Leguminosae- Parapiptadenia (Mimosoideae: Mimosaceae). SITIENTIBUS série Ciências Biológicas 16.
doi: <https://doi.org/10.13102/scb1133>

SANTANA DG, Ranal MA (2004) Análise da germinação: um enfoque estatístico. Brasília, DF: Ed UnB,. 247 p.

SANTOS INL, Lopes MTG, Valente MSF, Lima Júnior MJV, Fraxe TJP (2020) Avaliação genética em sementes de *Stryphnodendron pulcherrimum* sob diferentes níveis de temperatura. *Scientia Forestalis*, 48(125):e3092.
doi: <https://doi.org/10.18671/scifor.v48n125.06>

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

SENRA, JFB (2015) Análises Biométricas De Palmeiras Juçara De Fragmentos Florestais No Sul Do Espírito Santo. UFES, (Tese de doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SILVA RB, Matos VP, Farias SGGD, Sena LHDM, Silva DYBDO (2017) Germinação e vigor de plântulas de *Parkia platycephala* Benth. em diferentes substratos e temperaturas. *Revista Ciência Agronômica* 48(01): 142-150. doi: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170016>

SOUSA IF, Kunzle JE, Muniz JÁ, Guimarães RM, Savian TV, Muniz FR (2014) Fitting nonlinear autoregressive models to describe coffee seed germination. *Ciência Rural* 44(11):2016-2021.
doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131341>

SOUTO AGDL, Costa JCFC, Campos NLF, Azevedo JLFD, Santos CEMD (2017) Effect of temperature on passion fruit emergence and seedling vigor. *Journal of Seed Science* 39(01):050-057 doi: <https://doi.org/10.1590/2317-1545v39n1169920>

SOUZA ER, Souza OM., Santos, JPA, Carvalho ES, Mendonça AVR (2023) Duration of germination test of *Parapiptadenia blanchetii* (Benth.) Vaz and MP Lima. *Comunicata Scientiae* 14(1): 1-7. <https://doi.org/10.14295/cs.v14.3997>

TANVEER A, Khan MA, Ali HH, Javaid MM, Raza A, Chauhan BS (2020) Influence of different environmental factors on the germination and seedling emergence of *Ipomoea eriocarpa* R. Br. *Crop Protection* 130:105070. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.105070>

YEOM MS, Nguyen TKL, Cho JS, Oh MM (2021) Improving Germination Rate of Coastal Glehnia by Cold Stratification and Pericarp Removal. *Agronomy* 11(5):944.
doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050944>

ZANDONÁ RR, Agostinetto D, Ruchel Q. (2018) Modelagem matemática do fluxo de emergência de plantas daninhas: ferramenta para decisão no manejo de cultivos. *Revista Brasileira de Herbicidas* 17(1):3-11. doi: <https://doi.org/10.7824/rbh.v17i1.538>