

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

**TOLERÂNCIA A DESSECAÇÃO E DEPENDÊNCIA TÉRMICA
NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Diospyros*
inconstans Jacq. (EBENACEAE)**

Edvânia da Silva Carvalho

**CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
2019**

**TOLERÂNCIA A DESSECAÇÃO E DEPENDÊNCIA TÉRMICA NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Diospyros inconstans* Jacq.
(EBENACEAE)**

Edvânia da Silva Carvalho
Licenciada em Biologia
Universidade Federal da Bahia (UFBA), 2016

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau 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
2019**

FICHA CATALOGRÁFICA

C331t Carvalho, Edvânia da Silva.
Tolerância a dessecação e dependência térmica na germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. (Ebenaceae) / Edvânia da Silva Carvalho._ Cruz das Almas, BA, 2019.
45f.; il.

Orientadora: Andrea Vita Reis Mendonça.
Coorientadora: Manuela Oliveira de Souza.

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

1.Recursos florestais – Plantas. 2.Sementes – Manejo – Germinação. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.

CDD: 631.531

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas – UFRB.
Responsável pela Elaboração – Antonio Marcos Sarmiento 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**

**TOLERÂNCIA A DESSECAÇÃO E DEPENDÊNCIA TÉRMICA NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Diospyros inconstans* Jacq.
(EBENACEAE)**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de
Edvânia da Silva Carvalho

Aprovado em: 20 de dezembro de 2019

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

Prof.^a Dr.^a Claudinéia Regina Pelacani Cruz
Universidade Estadual de Feira de Santana, BA
(Examinadora externa)

Prof.^a Dr.^a Sheila Vitória Resende
Universidade Federal da Bahia, BA
(Examinadora externa)

A Deus que é a minha fortaleza e ao meu esposo Carlos Alberto da Silva Nonato pelo amor e apoio incondicional aos meus sonhos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da minha vida e por me guiar em todos os meus caminhos.

Ao Beato Padre Victor por sua intercessão.

Aos meus pais Edmundo e Rosivânia e a minha irmã Ediane que são à base da minha formação.

A meu esposo Carlos por seu amor, companheirismo e apoio em todos os momentos ao longo deste período.

À minha orientadora, Dr^a. Andréa Vita Reis Mendonça, a quem serei eternamente grata pelos ensinamentos, dedicação, apoio e confiança.

À minha coorientadora, Dr^a. Manuela Oliveira de Souza por todo conhecimento compartilhado, pelo apoio, dedicação e confiança.

Ao Dr^o. Josival Santos Souza por todo apoio e conhecimento compartilhado durante os trabalhos de coleta no campo.

A minha mãe científica Dra^a. Sheila Vitória Resende pelos ensinamentos, incentivo e apoio desde a graduação.

A minha irmã de mestrado Jiovana pelo companheirismo nas disciplinas, atividades do laboratório, conselhos e brincadeiras, que deixaram a caminhada mais leve.

A minha amiga do laboratório de Ecologia e Restauração Florestal Darlene pelo companheirismo, auxílio na realização dos experimentos, apoio nos momentos difíceis e risadas compartilhadas.

Aos amigos de laboratório, Dilhermando, Rodrigo, Lucas, Jociele, Lorena, Jessica e Valdeir pelo auxílio na realização dos experimentos e pelos momentos de aprendizado e descontração.

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

À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (RGV) pela oportunidade de formação e realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

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 o desenvolvimento deste trabalho financiando o projeto.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

Desistir? Eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei realmente a sério. É que tem mais chão nos meus olhos do que cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos do que tristeza nos meus ombros, mais estrada no meu coração do que medo na minha cabeça.

(Cora Coralina)

TOLERÂNCIA A DESSECAÇÃO E DEPENDÊNCIA TÉRMICA NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Diospyros inconstans* Jacq. (EBENACEAE)

RESUMO: Com a crescente degradação dos ecossistemas florestais e a consequente perda de recursos genéticos, o desenvolvimento de estratégias que visem à conservação da vegetação nativa torna-se cada vez mais necessário. Diversas ações de conservação se baseiam no uso de sementes, o que demanda conhecimento sobre o potencial e as condições mais adequadas para o armazenamento e propagação desses insumos. Dessa forma, o presente estudo foi realizado com o objetivo de caracterizar a tolerância à dessecação de sementes de *Diospyros inconstans* em diferentes estádios de maturação e avaliar a influência da temperatura sobre o desempenho germinativo de sementes da espécie usando o modelo de tempo térmico. As sementes utilizadas foram coletadas na Área de proteção Ambiental da Lagoa da Pedra do Cavalo, Feira de Santana (BA). No primeiro experimento foi realizado o screening de dessecação, a partir de testes de germinação com sementes em três estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) e seis níveis de teor de água (inicial, 20%, 15%, 10%, 5% e 2,5%). No segundo experimento, realizou-se o screening térmico, submetendo as sementes a testes de germinação em temperaturas constantes de 10, 20, 25, 30 e 40°C. Em ambos os experimentos, utilizou-se o fotoperíodo de 12 horas/luz e cada tratamento foi constituído de quatro repetições de 25 sementes. A germinação das sementes de *D. inconstans* manteve-se acima de 84% nos três estádios de maturação independente do teor de água. As sementes intermediárias apresentaram os menores tempos para alcançar a germinação acumulada de 37%, exceto no teor de água de 15%, em que o menor tempo foi observado nas sementes maduras. Nas sementes verdes e maduras, a dessecação ao nível de 2,5% e 5%, respectivamente, resultou em redução da formação de plântulas normais. A temperatura influenciou significativamente a germinação de sementes da espécie. As temperaturas mínima, ótima e máxima para germinação foram respectivamente, 13,8 °C, 26,6 °C e 37,6 °C. Os resultados obtidos permitem inferir que as sementes de *D. inconstans* são tolerantes a dessecação e que o modelo de tempo térmico pode ser uma ferramenta válida para descrever a resposta germinativa de sementes da espécie.

Palavras-chave: Espécies florestais, fruta de jacú, modelo de tempo térmico, temperaturas cardeais, teor de água.

DESICCATION TOLERANCE AND THERMAL DEPENDENCE ON THE SEED GERMINATION OF *Diospyros inconstans* Jacq. (EBENACEAE)

ABSTRACT: With the increasing degradation of forest ecosystems and the consequent loss of genetic resources, the development of strategies aimed at the conservation of native vegetation becomes increasingly necessary. Several conservation actions are based on the use of seeds, which requires knowledge about the potential and the most appropriate conditions for the storage and propagation of these inputs. Thus, the present study was carried out with the objective of characterizing the desiccation tolerance of *Diospyros inconstans* seeds at different maturation stages and to evaluate the influence of temperature on the germinative performance of seeds of the species using the thermal time model. The seeds used were collected in the Environmental Protection Area of Lagoa da Pedra do Cavalo, Feira de Santana (BA). In the first experiment, desiccation screening was carried out, using seed germination tests at three maturation stages (green, intermediate and ripe) and six water content levels (initial, 20%, 15%, 10%, 5 % and 2.5%). In the second experiment, thermal screening was performed, subjecting the seeds to germination tests at constant temperatures of 10, 20, 25, 30 and 40°C. In both experiments, the 12-hour light period was used and each treatment consisted of four repetitions of 25 seeds. The germination of *D. inconstans* seeds remained above 84% in the three maturation stages regardless of water content. The intermediate seeds showed the shortest time to reach the accumulated germination of 37%, except in the water content of 15%, in which the shortest time was observed in the mature seeds. In green and mature seeds, desiccation at the level of 2.5% and 5%, respectively, resulted in a reduction in the formation of normal seedlings. The temperature significantly influenced the seed germination of the species. The minimum, optimal and maximum temperatures for germination were 13.8 °C, 26.6 °C and 37.6 °C, respectively. The results obtained allow us to infer that *D. inconstans* seeds are tolerant to desiccation and that the thermal time model can be a valid tool to describe the germinative response of seeds of the species.

Keywords: Forest species, jacú fruit, thermal time model, cardinal temperatures, water content.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Série histórica (1981-2010) de temperatura (A) e pluviosidade (B) mensais em Feira de Santana, Bahia, Brasil (INMET, 2019).....19

Tabela 2. Tempo de secagem (horas) para as sementes provenientes de frutos verdes, intermediários e maduros de *Diospyros inconstans* Jacq. alcançarem os teores de água alvo.....22

Tabela 3. Estimativas dos parâmetros dos modelos Gompertz (Θ_a , Θ_b e Θ_c) e logístico (Θ_a , Θ_i e Θ_s), e dos critérios de seleção (R^2 , AIC e BIC) ajustados aos dados de germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. provenientes de frutos verdes, intermediários e maduros.....24

Capítulo 2

Tabela 1. Série histórica (1981-2010) de temperatura (A) e pluviosidade (B) mensais em Feira de Santana, Bahia, Brasil (INMET, 2019).....38

Tabela 2. Análise de desvio (ANODEV) para germinação de *Diospyros inconstans* Jacq., em resposta a temperatura, modelada pela distribuição Binomial, com função de ligação logística.....41

Tabela 3. Equações ajustadas para taxa de germinação (tg) em função da temperatura para diferentes percentuais de germinação para *Diospyros inconstans* Jacq.....45

Tabela 4. Parâmetros do modelo de regressão probit para descrição da germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. nas temperaturas infra-ótimas e supra-ótimas.....47

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Aspecto visual dos frutos e sementes em diferentes estádios de maturação de *Diospyros inconstans* Jacq.....20

Figura 2. Formação de plântulas normais (%PN = $0.6314x + 69.427$; $r^2 = 0.66$) e de sementes inviáveis (%IN = $-0.4688x + 27.028$; $r^2 = 0.63$) em função do teor de água em sementes provenientes verdes de *D. inconstans* Jacq.....29

Figura 3. Formação de plântulas normais (%PN = $0.0106x^4 - 0.4894x^3 + 7.5368x^2 - 43.537x + 156.37$ $R^2 = 0.88$) e de % Sementes inviáveis (%IN= $-0.0106x^4 + 0.4894x^3 - 7.5368x^2 + 43.537x - 56.372$ $R^2 = 0.89$) em função do teor de água em sementes provenientes de frutos maduros de *Diospyros inconstans* Jacq.....29

Capítulo 2

Figura 1. Percentual de germinação (%g= $0.0037t^4 - 0.3969t^3 + 14.681t^2 - 214.14t + 1033.3$; $R^2 = 0.99$, %); Percentual de sementes duras (%duras= $0.101t^2 - 7.6076t + 140.2$; $R^2 = 0.83$) e Percentual de sementes (%mortas = $0.0167t^3 - 0.9814t^2 + 16.405t - 52.6$; $R^2 = 0.9522$) de *Diospyros inconstans* Jacq. em função da temperatura.....42

Figura 2. Curva de germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. em função do tempo ajustada pela regressão response-platô ($R^2=0.93$).....

Figura 3. Curva da formação de plântulas normais de *Diospyros inconstans* Jacq. em função do tempo ajustada pela equação response-platô ($R^2=0.81$).....44

Figura 4. Tempo necessário para geminação de 50% de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. em diferentes condições de temperatura.....48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2 TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO DE SEMENTES EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE <i>Diospyros inconstans</i> Jacq. (EBENACEAE).....	15
2.1 Introdução.....	17
2.2 Material e métodos.....	19
2.3 Resultados e discussão.....	22
2.4 Conclusão.....	30
Referências.....	31
3 DEPENDÊNCIA TÉRMICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE <i>Diospyros inconstans</i> Jacq. (EBENACEAE).....	34
3.1 Introdução.....	36
3.2 Material e métodos.....	37
3.3 Resultados e discussão.....	40
3.4 Conclusão.....	48
Referências.....	49

1. INTRODUÇÃO GERAL

Diospyros inconstans Jacq. (Ebenaceae), popularmente conhecida como fruta de jacú ou marmelinho é uma espécie de porte arbustivo a arbóreo, nativa e de ocorrência predominante em florestas tropicais sazonalmente secas (WALLNÖFER, 2015). No Brasil, apresenta uma ampla distribuição, sendo encontrada nos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (FLORA DO BRASIL, 2020).

Essa espécie pode alcançar de 2 a 10 m de altura e a sua madeira é utilizada como lenha e na fabricação de cabos de ferramentas e estaca (LORENZI, 2009). Possui potencial ornamental para o uso em arborização urbana e é recomendada para a composição de reflorestamentos heterogêneos, devido à atratividade de seus frutos para a fauna (CIPRIANI et al., 2017).

No estado da Bahia, um dos locais de ocorrência de *D. inconstans* é a APA do lago da Pedra do Cavalo (MENDONÇA et al., 2018). Essa APA está localizada no entorno do lago da Pedra do Cavalo, que integra o sistema de abastecimento de água do estado (DECRETO 6548/97) e é uma das áreas alvo do Centro de Referência em Restauração Florestal da Mata Atlântica (CRRF), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, criado em parceria com o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), com o objetivo de desenvolver tecnologias para a produção de mudas de espécies nativas, visando à recuperação de áreas degradadas.

Nesse sentido, este estudo foi realizado com o objetivo de caracterizar a tolerância à dessecação de sementes de *D. inconstans* provenientes de frutos em diferentes estádios de maturação e avaliar a influência da temperatura sobre o desempenho germinativo de sementes da espécie usando o modelo de tempo térmico.

Esta dissertação foi organizada em dois capítulos. No primeiro capítulo intitulado “Tolerância à dessecação de sementes em diferentes estádios de maturação de *Diospyros inconstans* jacq. (Ebenaceae)” é apresentada a classificação de sementes da espécie quanto à tolerância à dessecação. No segundo capítulo intitulado “dependência térmica da germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. (Ebenaceae)” são definidas as temperaturas cardeais, o

tempo para condução de testes de germinação e testado o modelo de tempo térmico para descrever a germinação de sementes da espécie.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGIOSPERMAS IN FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB128482>>. Acesso em: 13 Dez. 2019.

BAHIA. Decreto nº 6548, de 18 de julho de 1997. Cria a Área de Proteção Ambiental - APA do Lago de Pedra do Cavalo. **Governo de Estado da Bahia**, Salvador, 1997.

CIPRIANI, V. B.; LIMA, B. M.; GARLET, J.; EBUMEO, L. Seed Sanity of *Diospyros Inconstans* Jacq. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 11, n. 11, p. 41-47, 2017.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo das espécies arbóreas nativas do Brasil**. 3. ed. Nova Odessa, SP: Intituto Plantarum, 2000. 384 p.

MENDONÇA, A. V. R., SOUZA, J. S., SOUZA, M. O., SANTOS, J. P. A. **Propagação de espécies florestais nativas da Bahia**: uma contribuição para conservação das APAs de Joanes-Ipitanga e Lago Pedra do Cavalo. Cruz das Almas: editora UFRB, 2018. p.422.

WALLNÖFER, B. A revision of neotropical *Diospyros* (Ebenaceae): part 8. **Annalen des Naturhistorischen Museums Wien**, p.151–218. 2015.

CAPÍTULO 1 - TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO DE SEMENTES EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO DE *Diospyros inconstans* Jacq. (EBENACEAE)

RESUMO: A classificação das sementes quanto a tolerância à dessecação é o primeiro passo para determinar o potencial e as condições mais adequadas para o armazenamento. No presente estudo, objetivou-se caracterizar a tolerância à dessecação de sementes de *Diospyros inconstans* provenientes de frutos em diferentes estádios de maturação. As sementes utilizadas foram coletadas na Área de proteção Ambiental da Lagoa da Pedra do Cavalo, Feira de Santana (BA). Foi realizado screening de dessecação, a partir de testes de germinação com sementes em três estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) e seis teores de água (inicial, 20%, 15%, 10%, 5% e 2,5%), em câmara de germinação BOD a 25°C e fotoperíodo de 12 horas/luz. Os dados de germinação acumulada foram analisados pelos modelos não lineares Gompertz e Logístico. Os dados referentes à formação de plântulas normais e sementes inviáveis foram submetidos à análise de variância e de regressão. Verificou-se que a germinação das sementes foi acima de 90% em todos os estádios de maturação e teores de água, com exceção das sementes verdes a 2,5% (85%). As sementes intermediárias apresentaram os menores tempos para alcançar a germinação acumulada de 37%, exceto no teor de água de 15%, em que o menor tempo foi observado nas sementes maduras. A formação de plântulas normais nas sementes verdes foi menor nos teores de água de 10% e 2,5% (75% e 65 % respectivamente), nas sementes intermediárias manteve-se em torno de 80% independente do teor de água e nas sementes maduras foi menor no teor de água de 5% (72,6%). As sementes de *D. inconstans* são tolerantes a dessecação.

Palavras chaves: Espécie florestal, fruta de jacú, germinação de sementes, teor de água.

CHAPTER 1 - DESICCATION TOLERANCE OF SEED IN DIFFERENT MATURATION STAGES OF *Diospyros inconstans* Jacq. (EBENACEAE)

ABSTRACT: Seed classification for desiccation tolerance is the first step in determining the potential and the most suitable conditions for storage. In the present study, we aimed to characterize the desiccation tolerance of *Diospyros inconstans* seeds from fruits at different maturation stages. The seeds used were collected in the Environmental Protection Area of Lagoa da Pedra do Cavalo, Feira de Santana (BA). Desiccation screening was carried out, using seed germination tests at three maturation stages (green, intermediate and ripe) and six water levels (initial, 20%, 15%, 10%, 5% and 2.5%), in a BOD germination chamber at 25°C and a photoperiod of 12 hours/light. The accumulated germination data were analyzed by the nonlinear Gompertz and Logistic models. The data regarding the formation of normal seedlings and unviable seeds were subjected to analysis of variance and regression. It was found that seed germination was above 90% at all stages of maturation and water content, with the exception of green seeds at 2.5% (85%). The intermediate seeds showed the shortest time to reach the accumulated germination of 37%, except in the water content of 15%, in which the shortest time was observed in the mature seeds. The formation of normal seedlings in green seeds was lower in water content of 10% and 2.5% (75% and 65% respectively), in intermediate seeds it remained around 80% regardless of water content and in seeds water was less than 5% (72.6%). *D. inconstans* seeds are tolerant to desiccation.

Keywords: Forest species, jacú fruit, seed germination, water content.

2.1 INTRODUÇÃO

A tolerância à dessecação consiste na capacidade que alguns organismos têm de sobreviver à redução extrema do seu conteúdo hídrico, sem sofrer danos letais (LEPRINCE; BUITINK, 2010). Essa característica é encontrada nas sementes da maioria das angiospermas (TWEDDLE et al., 2003), tendo um papel essencial na manutenção da viabilidade do embrião após a dispersão, até que as condições ambientais sejam favoráveis à germinação e ao estabelecimento das plântulas (BUITINK; LEPRINCE, 2018).

Do ponto de vista evolutivo, a tolerância à dessecação em sementes é uma estratégia reprodutiva relacionada principalmente ao ambiente em que as espécies ocorrem (BARBEDO; MARCOS-FILHO, 1998; ANGELOVICI, 2010). Assim, as sementes que toleram a dessecação são encontradas com maior frequência, em ambientes sazonais e/ou áridos, enquanto, a maioria das sementes intolerantes é produzida por espécies de ambientes úmidos e pouco sazonais (TWEDDLE et al., 2003; MARQUES et al., 2018).

A capacidade das sementes de tolerar a dessecação resulta de mecanismos celulares e moleculares, que conferem proteção contra os estresses relacionados à desidratação, entre os quais se destacam: modificações na estrutura da membrana celular, acúmulo de açúcares não redutores como a sacarose e oligossacarídeos (rafinose, estaquiose e verbascose), a síntese de proteínas abundantes da embriogênese tardia (LEA) e de choque térmico, a ativação de defesas antioxidantes, além de mecanismos de reparo a danos que possam ser causados durante a reidratação (BLACK; PRITCHARD, 2002; FINCH-SAVAGE, 2003; MARCOS-FILHO, 2015; BEWLEY; NONOGAKI, 2017; COLVILLE, 2017).

O grau de tolerância à dessecação e ao armazenamento em baixas temperaturas fundamenta a classificação das sementes nas categorias ortodoxas, intermediárias e recalcitrantes (ROBERTS, 1973; ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990). As sementes que toleram a dessecação a baixos níveis de umidade (2-5%) e o armazenamento em temperaturas negativas são consideradas ortodoxas (HONG; ELLIS, 1996). As intermediárias toleram parcialmente a dessecação (7-11%), mas são sensíveis a temperaturas subzero e as recalcitrantes são intolerantes à dessecação e ao armazenamento em baixas temperaturas (HONG; ELLIS, 1996).

A classificação das sementes quanto a tolerância à dessecação é o primeiro passo para determinar o potencial e as condições mais adequadas para o seu armazenamento, sendo essa informação de alto interesse para o manejo da conservação *ex situ* das espécies vegetais (HONG; ELLIS, 1996).

As sementes não toleram a dessecação em todos os estádios de desenvolvimento (ELLIS; HONG, 1992). A transição entre as fases de intolerância e tolerância ocorre gradualmente durante a fase de maturação, podendo a máxima tolerância ser alcançada a depender da espécie, antes, concomitante ou após a aquisição da maturidade fisiológica (HONG; ELLIS, 1992), que corresponde ao estágio em que apresentam o máximo potencial germinativo e vigor (MARCOS-FILHO, 2015). As sementes tolerantes quando coletadas imaturas ou além da maturidade podem ser sensíveis aos danos provocados pela dessecação (HONG; ELLIS, 1996; BERJAK; PAMMENTER, 2008), portanto, o momento mais indicado para coleta dessas sementes é quando a maturidade fisiológica e a tolerância à dessecação foram alcançadas (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1987).

As modificações morfológicas, bioquímicas e fisiológicas que ocorrem ao longo do desenvolvimento de frutos e sementes podem ser utilizadas como índices de maturação para definir o momento da coleta (REIS, 2004). Para as espécies florestais, um dos principais indicadores de maturação das sementes no campo é a coloração dos frutos (AGUIAR; PIÑA-RODRIGUES; FIGLIOLIA, 1993).

Entre as espécies florestais, para as quais, informações sobre a tolerância à dessecação de sementes são escassas na literatura encontra-se *Diospyros inconstans*, popularmente conhecida como fruta de jacu ou marmelinho. Essa espécie de hábito arbustivo a arbóreo é nativa e tem ampla distribuição território brasileiro, sendo encontrada em formações vegetais dos biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Pantanal (WALLNOFER, 2015; FLORA DO BRASIL, 2020). A época de frutificação da espécie ocorre principalmente de janeiro a junho (WALLNOFER, 2015) e podem ser encontrados na mesma planta, frutos em diferentes estádios de maturação.

Diante do exposto, o presente estudo foi realizado com o objetivo de caracterizar a tolerância à dessecação de sementes de *D. inconstans* em diferentes estádios de maturação.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

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

Os frutos de *Diospyros inconstans*, em diferentes estádios de maturação (figura 1), foram coletados de 17 matrizes, em uma região de pastagem da Área de proteção Ambiental da Lagoa da Pedra do Cavalo, no distrito de Ipuacú, Feira de Santana, Bahia, Brasil (12°21'38.0"S e 39°02'26.0"W), em novembro de 2018.

O clima da região pela metodologia de Köppen é do tipo Asa, megatérmico com período chuvoso no inverno e seco no verão (SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2018). A precipitação e a temperatura média anual são de 720,7 mm e 25,2°C, respectivamente (SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2018). Os dados de temperatura e pluviosidade mensais para a região são demonstrados na tabela 1.

Tabela 1. Série histórica (1981-2010) de temperatura (A) e pluviosidade (B) mensais em Feira de Santana, Bahia, Brasil (INMET, 2019).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temp. máx (°C)	32,5	32,7	32,5	30,4	28,5	26,7	26,2	27,7	28,5	30,5	31,9	32,6
Temp. min (°C)	21,3	21,8	21,9	21,5	20,4	19,4	18,4	17,9	18,6	19,8	20,8	21,4
Temp. média (°C)	26,1	26,3	26,3	25,2	23,8	22,5	21,8	21,7	22,8	24,4	25,5	26,0
Pluviosidade (mm)	68,8	79,1	40,8	66,8	84,7	94,9	72,1	56,5	41,6	31,6	67,4	50,0

Temp. máx= temperatura máxima; Temp. min= temperatura mínima; Temp. média= temperatura média.

Após a coleta, os frutos foram levados para o laboratório e classificados visualmente pela coloração do epicarpo em três estádios de maturação (figura 1). As sementes foram extraídas manualmente, em seguida lavadas em água corrente e dispostas em bandejas para secagem superficial por três dias em temperatura ambiente, antes da determinação do teor de água inicial pelo método da estufa a 105 ± 2 °C por 24 horas (BRASIL, 2009) e da montagem do experimento.

Frutos	Sementes	Coloração dos frutos	Maturação dos frutos
		VERDE	VERDE
		MARROM ESVERDEADO	INTERMEDIÁRIO
		ROXO	MADURO

1 cm

Figura 1. Aspecto visual dos frutos e sementes em diferentes estádios de maturação de *Diospyros inconstans* Jacq.

Com base na coloração do epicarpo dos frutos foram compostos três amostras de sementes: verde (semente de fruto verde), intermediário (semente de fruto semi-maduro) e maduro (semente de fruto maduro), figura 1.

A tolerância à dessecação foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Hong e Ellis (1996). A partir do teor de água (%) e da massa (g) inicial das sementes foram estimados para cada amostra, a massa final (g) correspondente aos teores de água de 20%, 15%, 10%, 5% e 2,5%, de acordo com a fórmula (HONG; ELLIS,1996):

$$\text{massa alvo} = \frac{(100 - \text{teor de água inicial})}{(100 - \text{teor de água final})} \times \text{massa inicial}$$

As sementes foram secas com sílica em gel azul (1-3 mm), em caixas de isopor de 700 cm³ vedadas com filme PVC, a 20°C ± 2°C (adaptado de HONG; ELLIS, 1996). Nas primeiras 24 horas de secagem, as sementes foram pesadas a cada três horas e após esse período diariamente para monitorar a obtenção da massa alvo das sementes, que em seguida foram submetidas ao teste de germinação.

Os testes de germinação foram realizados em esquema fatorial, com sementes em três estádios de maturação (verde, intermediário e maduro) e seis

teores de água (inicial, 20%, 15%, 10%, 5% e 2,5%). Cada tratamento foi constituído por quatro repetições de 25 sementes.

Apesar de não apresentar dormência, as sementes foram submetidas a um corte na região oposta ao hilo para acelerar a germinação (dados não publicados) e em seguida dispostas em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso (g) do papel seco (BRASIL, 2009). Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes para minimizar a evaporação e colocados em câmara de germinação tipo B.O.D. com temperatura constante de 25°C e fotoperíodo de 12 horas/luz (CIPRIANI et al., 2017). As avaliações foram realizadas diariamente, sendo contabilizadas as sementes germinadas (mínimo de 2 mm de radícula), as plântulas normais e anormais (BRASIL, 2009) por 90 dias. A contagem foi finalizada após todas as sementes germinadas formarem plântulas.

Ao final do experimento, a viabilidade das sementes duras foi confirmada pelo teste de tetrazólio a 0,5%, com o tempo de exposição das sementes a solução de 2 horas, na temperatura de 30°C (SILVA et al., 2016).

Para análise das curvas de germinação foram ajustados os modelos não lineares Gompertz: $Y = \theta_a \cdot \exp[-\exp(\theta_b \cdot (x - \theta_c))]$ (SOUZA et al., 2014) e Logístico: $Y = \theta_a / (1 + \exp(-(x - \theta_i) / \theta_s))$ (ZEVIANI et al., 2013), em que :Y= germinação acumulada no tempo t; θ_a = valor assintótico, representa o percentual máximo de germinação acumulada; \exp = base do logaritmo neperiano; x = valor da variável independente (tempo necessário para ocorrência da germinação), dado em dias; θ_b = crescimento relativo ao ponto de inflexão; θ_c = tempo necessário para 37% das sementes germinarem; θ_i = tempo necessário para 50% das sementes germinarem; θ_s = parâmetro relacionado a taxa da função, sem interpretação biológica. Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método dos mínimos quadrados e Gauss Newton usando a função nls no software R versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019). Para a seleção do modelo mais adequado para descrever as curvas de germinação empregou-se o critério de informação de Akaike (AIC) (AKAIKE, 1974) e o Bayesiano (BIC) (SCHUWARZ, 1978), equações de melhor ajuste foram aquelas com os menores valores referentes a estes critérios (EMILIANO, VIVIANCO; MENEZES, 2014).

Os dados referentes à formação de plântulas normais e sementes inviáveis (sementes mortas + plântulas anormais) foram submetidos à análise de variância e de regressão no software R versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tempo de secagem para obtenção de sementes de *Diospyros inconstans* contendo os diferentes teores de água alvo é apresentado na tabela 2. As sementes verdes levaram o maior tempo para alcançar o teor de água de 2,5% (1.248,45 horas). As sementes intermediárias foram as mais lentas para alcançar os teores de água de 20% (63,27 horas), 15% (96,67 horas) e 10% (351,67 horas). A secagem das sementes maduras foi a mais rápida em todos os teores de água alvo (tabela 2).

Tabela 2. Tempo de secagem (horas) para as sementes provenientes de frutos verdes, intermediários e maduros de *Diospyros inconstans* Jacq. alcançarem os teores de água alvo.

Maturação	Teor de água inicial (%)	Teor de água alvo (%)	Tempo (horas)
Verde	25,8	20	23.44
		15	24.31
		10	262.29
		5	743.45
		2,5	1.248.45
Intermediário	32,8	20	63.27
		15	93.67
		10	35.,67
		5	744
		2,5	783.6
Maduro	20,9	20	1.15
		15	17.52
		10	63.52
		5	261.52
		2,5	351.52

Os parâmetros e os critérios de seleção estimados dos modelos Gompertz e Logístico, para a germinação de sementes de *D. inconstans* são apresentados na tabela 3. Observa-se a partir dos menores valores estimados para os critérios de informação de Akaike (AIC) e Bayesiano (BIC), que para as sementes verdes, o modelo Gompertz resultou em melhores ajustes na maioria dos tratamentos avaliados, com exceção de 20% e 2.5% em que o modelo Logístico teve melhor desempenho. (Tabela 3).

Para as sementes dos frutos intermediários o modelo Gompertz resultou em melhores ajustes para todos os tratamentos, exceto no teor de água de 15%, na qual o modelo Logístico teve melhor desempenho (Tabela 1). Nos ajustes das curvas de germinação, referente às sementes provenientes de frutos maduros, o modelo Gompertz teve melhor desempenho em todos os tratamentos (Tabela 1).

A germinação acumulada (Θ_a) foi acima de 90% para as sementes nos três estádios de maturação avaliados independente do teor de água, com exceção das sementes verdes a 2,5%, para as quais, os modelos Gompertz Logístico estimaram 84,9% e 84,6 % de germinação acumulada, respectivamente (Tabela 1). A manutenção de alto percentual de germinação em sementes dessecadas com teor de água inferior a 5%, como o observado para *D. inconstans* evidencia a capacidade de tolerância à dessecação e o comportamento intermediário ou ortodoxo quanto ao armazenamento (HONG; ELLIS, 1996).

As sementes retiradas da planta-mãe e submetidas à secagem artificial toleram a dessecação desde que já tenham alcançado essa característica em campo (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1987; KERBAUY, 2008). Para muitas espécies, a aquisição da tolerância à dessecação ocorre cedo, durante o desenvolvimento, quando as sementes estão à metade do acúmulo de reservas, na fase de maturação (HONG; ELLIS, 1992; BUITINK; LEPRINCE, 2018). Tal condição prepara as sementes para sobreviver ao rápido declínio do conteúdo de água durante a fase de dessecação. Com a redução do teor de água, as sementes tornam-se quiescentes e tolerantes a diversos estresses ambientais, incluindo alta temperatura e baixa pressão de vapor atmosférico (BUITINK; LEPRINCE, 2018). Dessa forma, a tolerância à dessecação representa uma estratégia de defesa para atrasar a germinação até que as condições sejam adequadas para o estabelecimento eficiente das plântulas (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998; ANGELOVICCI, 2010).

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros dos modelos Gompertz (Θ_a , Θ_b e Θ_c) e logístico (Θ_a , Θ_i e Θ_s), e dos critérios de seleção (R^2 , AIC e BIC) ajustados aos dados de germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. provenientes de frutos verdes, intermediários e maduros.

Verde																		
Gompertz																		
% de teor de água nas sementes																		
	25.8% (Inicial)			20.0%			15.0%			10.0%			5.0%			2.5%		
Parâmetros	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS
Θ_a	97.0	96.3	97.5	97.0	96.6	97.4	91.3	90.3	92.4	96.5	95.7	97.2	97.2	96.6	97.8	84.9	84.1	85.6
Θ_b	-0.22	-0.24	-0.21	-0.28	-0.29	-0.27	-0.18	-0.19	-0.16	-0.26	-0.28	-0.24	-0.23	-0.24	-0.21	-0.27	-0.29	-0.24
Θ_c	16.0	15.6	16.0	15.1	15.0	15.2	18.1	17.7	18.5	15.1	14.9	15.4	14.4	14.1	14.7	17.4	17.2	17.7
S%	4.8	-	-	3.3	-	-	9.5	-	-	6.8	-	-	5.0	-	-	7.4	-	-
R^2	0.98	-	-	0.98	-	-	0.91	-	-	0.94	-	-	0.92	-	-	0.89	-	-
AIC	1916.6	-	-	1707.5	-	-	2256.9	-	-	2127.9	-	-	1892.9	-	-	2015.4	-	-
BIC	1931.8	-	-	1722.8	-	-	2272.1	-	-	2143.1	-	-	1907.9	-	-	2030.1	-	-
Logístico																		
% de teor de água nas sementes																		
	25.8% (Inicial)			20.0%			15.0%			10.0%			5.0%			2.5%		
Parâmetros	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS
Θ_a	96.6	96.1	97.1	96.7	96.4	97.1	90.8	89.8	91.8	96.0	95.3	96.8	96.8	96.2	97.4	84.6	83.9	85.3
Θ_i	18.1	17.9	18.3	16.8	16.6	16.9	20.6	20.1	21.0	16.8	16.5	17.1	16.4	16.1	16.6	19.1	18.8	19.4

Θ_s	3.1	2.9	3.2	2.5	2.4	2.6	4.0	3.6	4.4	2.6	2.4	2.9	3.1	2.8	3.3	2.6	2.3	2.9
S	4.2	-	-	3.1	-	-	7.7	-	-	6.3	-	-	5.2	-	-	5.8	-	-
S%	5.0	-	-	3.3	-	-	9.7	-	-	7.2	-	-	5.8	-	-	7.4	-	-
R ²	0.98	-	-	0.98	-	-	0.91	-	-	0.93	-	-	0.92	-	-	0.90	-	-
AIC	1949.5	-	-	1703.3	-	-	2275.8	-	-	2164.3	-	-	1993.8	-	-	2013.6	-	-
BIC	1964.8	-	-	1718.6	-	-	2290.9	-	-	2179.5	-	-	2009.0	-	-	2028.7	-	-

Intermediário

Gompertz

% de teor de água nas sementes

Parâmetros	32.8% (Inicial)			20.0%			15.0%			10.0%			5.0%			2.5%		
	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS
Θ_a	93.9	93.1	94.7	96.2	95.4	97.0	96.4	95.7	97.1	99.0	98.5	99.5	95.6	95.0	96.2	97.8	97.3	98.3
Θ_b	-0.21	-0.23	-0.19	-0.24	-0.26	-0.22	-0.26	-0.28	-0.24	-0.31	-0.33	-0.30	-0.29	-0.32	-0.27	-0.25	-0.26	-0.23
Θ_c	15.4	15.1	15.7	15.1	14.9	15.4	15.9	15.7	16.2	14.1	14.0	14.3	14.4	14.2	14.7	13.1	12.9	13.3
S%	7.6	-	-	7.3	-	-	6.7	-	-	4.5	-	-	5.4	-	-	4.4	-	-
R ²	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	-	-	1.0	-	-	0.9	-	-	0.9	-	-
AIC	2177.2	-	-	2177.7	-	-	2090.7	-	-	1868.9	-	-	1950.7	-	-	1855.7	-	-
BIC	2192.4	-	-	2192.3	-	-	2105.9	-	-	1884.1	-	-	1965.8	-	-	1870.9	-	-

Logístico

% de teor de água nas sementes																		
Parâmetros	32.8% (Inicial)			20.0%			15.0%			10.0%			5.0%			2.5%		
	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS
Θ_a	93.5	92.7	94.4	95.9	95.1	96.7	96.1	95.5	96.8	98.8	98.3	99.3	95.4	94.8	96.0	97.5	97.0	98.0
Θ_i	17.5	17.1	17.8	17.0	16.7	17.3	17.7	17.5	18.0	15.5	15.4	15.7	15.9	15.7	16.1	14.7	14.5	14.9
Θ_s	3.4	3.1	3.7	2.9	2.7	3.2	2.7	2.4	2.9	2.3	2.1	2.5	2.6	2.4	2.8	3.1	2.9	3.3
S%	7.9	-	-	7.6	-	-	6.5	-	-	4.7	-	-	5.8	-	-	4.6	-	-
R ²	0.9	-	-	0.9	-	-	0.9	-	-	1.0	-	-	0.9	-	-	0.9	-	-
AIC	2203.7	-	-	2203.0	-	-	2078.0	-	-	1899.5	-	-	1994.0	-	-	1878.4	-	-
BIC	2219.0	-	-	2218.2	-	-	2093.2	-	-	1914.6	-	-	2009.1	-	-	1893.6	-	-

Maduro

Gompertz																		
% de teor de água nas sementes																		
Parâmetros	25.8% (Inicial)			20.0%			15.0%			10.0%			5.0%			2.5%		
	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS
Θ_a	93.5	92.9	94.2	94.9	94.1	95.6	97.8	97.3	98.2	99.1	98.7	99.6	91.4	90.9	91.8	96.7	96.2	97.2
Θ_b	-0.24	-0.25	-0.22	-0.17	-0.18	-0.16	-0.34	-0.36	-0.32	-0.29	-0.31	-0.28	-0.31	-0.32	-0.29	-0.25	-0.26	-0.23
Θ_c	15.4	15.2	15.6	16.9	16.6	17.2	14.7	14.6	14.9	15.0	14.8	15.1	15.0	14.9	15.2	14.5	14.4	14.7
S%	5.9	-	-	6.5	-	-	4.3	-	-	3.8	-	-	4.3	-	-	4.5	-	-

R ²	0.95	-	-	0.96	-	-	0.96	-	-	0.97	-	-	0.97	-	-	0.96	-	-
AIC	1988.5	-	-	2058.2	-	-	1829.6	-	-	1754.3	-	-	1787.6	-	-	1849.1	-	-
BIC	2003.7	-	-	2073.5	-	-	1844.8	-	-	1769.5	-	-	1802.8	-	-	1864.3	-	-

Logístico

% de teor de água nas sementes

Parâmetros	25.8% (Inicial)			20.0%			15.0%			10.0%			5.0%			2.5%		
	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS	Valor	LI	LS
Θ_a	93.2	92.6	93.9	94.4	3.6	95.1	97.5	97.0	98.0	98.9	98.5	99.4	91.1	90.6	91.5	96.4	95.9	97.0
Θ_i	17.3	17.0	17.5	19.4	19.1	19.7	16.0	15.9	16.2	16.5	16.4	16.7	16.5	16.3	16.6	16.3	16.1	16.5
Θ_s	3.0	2.8	3.3	4.1	3.8	4.4	2.0	1.9	2.2	2.5	2.3	2.6	2.2	2.1	2.4	3.0	2.8	3.2
S%	6.2	-	-	7.0	-	-	4.7	-	-	4.2	-	-	4.5	-	-	4.8	-	-
R ²	0.93	-	-	0.95	-	-	0.96	-	-	0.97	-	-	0.97	-	-	0.95	-	-
AIC	2022.5	-	-	2111.5	-	-	1881.9	-	-	1810.2	-	-	1828.7	-	-	1888.1	-	-
BIC	2037.7	-	-	2126.8	-	-	1897.1	-	-	1825.4	-	-	1843.7	-	-	1903.3	-	-

Em que: Θ_a = percentual máximo de germinação acumulada; Θ_b = crescimento relativo ao ponto de inflexão; Θ_c = tempo necessário para 37% das sementes germinarem; Θ_i = tempo necessário para 50% das sementes germinarem; Θ_s = parâmetro relacionado à taxa da função, sem interpretação biológica; S%=desvio padrão em percentagem; R²= coeficiente de determinação; AIC= critério de informação de Akaike; BIC= critério bayesiano de Schwarz.

A tolerância à dessecação em sementes é comumente encontrada nas espécies que crescem em ambientes sazonais e/ou áridos (TWELDDDE, 2003). Em acordo com o supracitado, *D. inconstans* ocorre predominantemente em florestas tropicais sazonalmente secas (WALLNOFER, 2015). As sementes utilizadas nesse estudo foram provenientes de uma população de Feira de Santana, região com sazonalidade da precipitação e variação da temperatura ao longo do ano (INMET, 2019; SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2018). A presença da tolerância à dessecação em sementes dessa população, provavelmente contribui para manter as sementes viáveis no banco do solo durante a estação seca, até a chegada do período chuvoso e de temperaturas mais amenas.

O parâmetro Θ_c do modelo Gompertz é uma das ferramentas que podem ser usadas para comparar o potencial fisiológico entre lote de sementes (Amorim, 2019), sendo que quanto menor for o valor, mais rápido o lote alcançará a germinação acumulada de 37%, e conseqüentemente, melhor é o vigor do mesmo.

Nas sementes verdes o tempo para que a germinação acumulada atingisse 37% variou de 14.4 a 18.1 dias entre os diferentes níveis de secagem, com o menor tempo observado nas sementes dessecadas a 5%. Nas sementes dos frutos intermediários, o intervalo de tempo para obtenção desse mesmo percentual de germinação foi menor e variou de 13.1 a 15.9, sendo o menor tempo alcançado pelas sementes dessecadas a 2.5%. Nas sementes de frutos maduros, o intervalo de tempo variou de 14.5 e 16.9 dias, e o menor tempo também foi observado a 2,5%. Esses resultados indicam que as sementes de frutos intermediários são mais vigorosas.

A formação de plântulas normais foi influenciada pela dessecação nas sementes provenientes de frutos verdes. Nos maiores teores de água, o percentual de plântulas normais, tende a aumentar (p-valor=0.022), e conseqüentemente o percentual de sementes inviáveis tende a reduzir (p-valor= 0.013) (Figura 2). Para as sementes com o teor de água inicial (25,8%) a formação média de plântulas normais foi de 83%, reduzindo para 75% no teor de água de 10% e para 65% no teor de água de 2,5% (Figura 2).

Nas sementes de frutos com maturação intermediária, a formação de plântulas normais (p-valor=0.11) e o percentual de sementes inviáveis (p-valor

=0.10) não foram influenciados pela dessecação. O percentual médio de formação de plântulas normais foi em torno de 80%, para todos os teores de água testados.

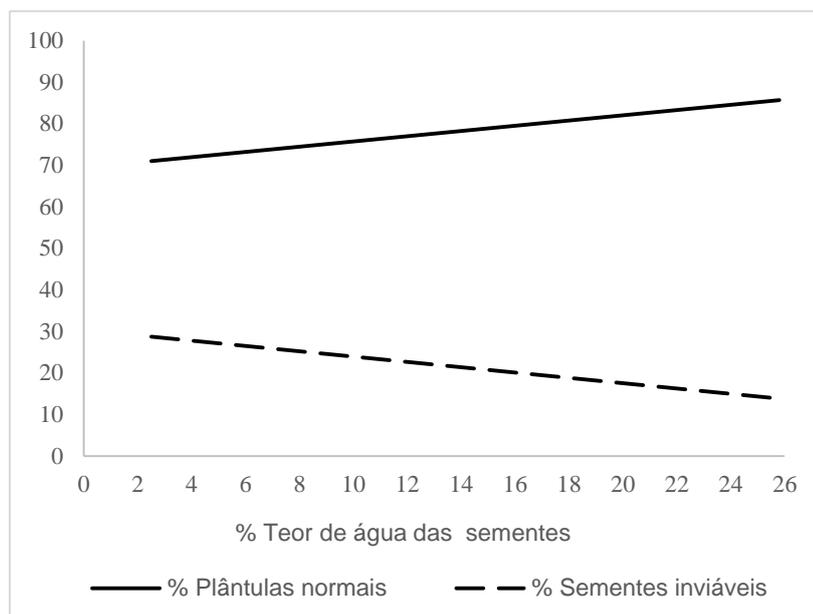


Figura 2: Formação de plântulas normais ($\%PN = 0.6314x + 69.427$; $R^2 = 0.66$) e de sementes inviáveis ($\%IN = -0.4688x + 27.028$; $R^2 = 0.63$) em função do teor de água em sementes provenientes verdes de *D. inconstans* Jacq.. Em que: R^2 = coeficiente de determinação.

Para as sementes provenientes de frutos maduros, a formação de plântulas normais (p -valor=0.02) e o percentual de sementes inviáveis (p -valor=0.02), respondem ao teor de água das sementes, conforme equações de quarto grau (Figura 3). O maior percentual de plântulas normais (93%) ocorreu no teor de água inicial (20,9%) e a 11%, e o menor valor (72,6%) nas sementes desseccadas a 5%.

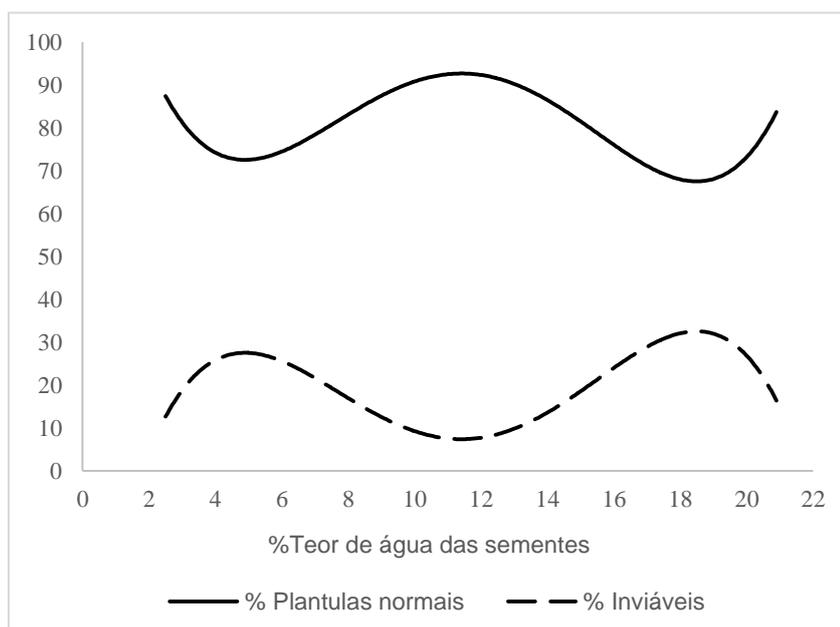


Figura 3: Formação de plântulas normais (%PN = $0.0106x^4 - 0.4894x^3 + 7.5368x^2 - 43.537x + 156.37$ $R^2 = 0.88$) e de % Sementes inviáveis (%IN= $-0.0106x^4 + 0.4894x^3 - 7.5368x^2 + 43.537x - 56.372$ $R^2 = 0.89$) em função do teor de água em sementes provenientes de frutos maduros de *Diospyros inconstans* Jacq. Em que: R^2 = coeficiente de determinação.

A redução da habilidade para formar plântulas normais é um dos indicadores de maturidade das sementes (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1987). Nesse sentido, sabendo que a tolerância à dessecação é gradualmente adquirida ao longo do desenvolvimento, a redução da habilidade das sementes verdes em formar plântulas normais quando dessecadas a 10% ou menos, provavelmente foi devido à imaturidade. Diversos estudos têm reportado que sementes tolerantes a dessecação na maturidade, quando coletadas muito cedo são sensíveis a essa condição (ELLIS, HONG; ROBERTS, 1987; ELLIS, HONG; ROBERTS, 1991; SUN; LEOPOLD, 1993; TEIXEIRA et al., 2018).

Nas sementes de frutos intermediários, a manutenção de um alto percentual de formação de plântulas normais até o nível de 2,5% de teor de água demonstra que nesse estágio as sementes já possuem completa tolerância à dessecação. Hong, Ellis, Hong e Roberts (1991) também observaram alta tolerância à dessecação em sementes de frutos de *Coffea arabica* L. com maturidade intermediária.

A maior sensibilidade das sementes maduras a dessecação pode ter resultado do maior tempo de exposição das sementes as condições do campo. Segundo Hong e Ellis (1996), sementes de ambientes estressantes, como por exemplo, de altas temperaturas, quando coletadas além da maturidade também podem ser sensíveis a danos de dessecação.

2.4 CONCLUSÃO

As sementes de *Diospyros inconstans* são tolerantes a dessecação, entretanto, o grau de tolerância varia de acordo com o estágio de maturação das sementes. As sementes verdes e maduras são mais sensíveis, e as sementes intermediárias mais tolerantes.

REFERÊNCIAS

AKAIKE, H. A. New look at the statistic model identification. **IEEE transactions on automatic control**, v. 9, n. 6, p. 716-723, 1974.

AMORIM, D. J. **Modelos não lineares e lineares generalizados para avaliação da germinação de sementes de milho e soja**. 2019, 100p. Dissertação de mestrado. (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp.

ANGELOVICI R.; GALILI, G.; FERNIE, A. R.; FAIT, A. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. **Trends in Plant Science**, v. 15, p. 211-218, 2010.

ANGIOSPERMAS IN FLORA DO BRASIL 2020 EM CONSTRUÇÃO. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB128482>>. Acesso em: 13 Dez. 2019.

BARBEDO, C.J.; MARCOS-FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**, v.12, p.145-164, 1998.

BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W.; From *Avicennia* to *Zizania*: Seed Recalcitrance in Perspective. **Annals of Botany**, v. 101, p. 213–228, 2008.

BEWLEY, J. D.; NONOGAKI, H. Seed Maturation and Germination. In: **Reference Module in Life Sciences**. Elsevier, 2017.

BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. **Desiccation and survival in plants. Drying without dying**. Wallingford: CABI Publishing, 2002. 412 p.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 398p.

BUITINK, J.; LEPRINCE, O. Letters to the twenty-first century botanist. Second series: “What is a seed? – 2. Regulation of desiccation tolerance and longevity in developing seeds: two faces of the same coin”. **Botany Letters**, v. 165, n. 2, 2018.

CIPRIANI, V. B.; LIMA, B. M.; GARLET, J.; EBUMEO, L. Seed Sanity of *Diospyros Inconstans* Jacq. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 11, n. 11, p. 41-47, 2017.

COLVILLE L. 2017. Seed storage. In: THOMAS, B.; MURRAY, B. G.; MURPHY, D. J. **Encyclopedia of Applied Plant Science**. Academic Press, 2017, p. 335-339.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An Intermediate Category of Seed Storage Behaviour? I. COFFEE. **Journal of Experimental Botany**, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. An Intermediate Category of Seed Storage Behaviour? II. EFFECTS OF PROVENANCE, IMMATURITY, AND IMBIBITION ON DESICCATION-TOLERANCE IN COFFEE. **Journal of Experimental Botany**, v. 42, n. 238, p. 653-657, 1991.

ELLIS, R. H.; HONG, T. D.; ROBERTS, E. H. The Development of Desiccation-tolerance and Maximum Seed Quality During Seed Maturation in Six Grain Legumes. **Annals of Botany**, v. 59, p. 23-29, 1987.

EMILIANO, P. C.; VIVANCO, M. J. F.; MENEZES, F. S. Information criteria: how do they behave in different models? *Computational Statistics & Data Analysis*, Cambridge, v. 69, p. 141-153, 2014.

FINCH-SAVAGE, W. E. Seed Development-Onset of Desiccation Tolerance. In: THOMAS, B.; MURRAY, B. G.; MURPHY, D. J. **Encyclopedia of Applied Plant Science**. Academic Press, 2003. p. 1229-1285.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. **A protocol to determine seed storage behaviour**. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 55 p.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. Development of desiccation tolerance in Norway maple (*Acer platanoides* L. seeds during maturation drying. **Seed Science Research**, v. 2, n. 3, p. 169-172, 1992.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan SA, 2008. 431p.

LEPRINCE, O.; BUITINK, J. Desiccation tolerance: from genomics to the field. **Plant Science**, v.179, p.554-564, 2010.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MARQUES, A.; BUIJS, G.; LIGTERINK, W.; HILHORST, H. Evolutionary ecophysiology of seed desiccation sensitivity. **Functional Plant Biology**. 2018.

R CORE TEAM (2019) R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

REIS, E.R. Maturação de sementes florestais. In: HOPPE, J.M. **Produção de sementes e mudas florestais**. Caderno Didático n.1, 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2004. p.46-61.

ROBERTS E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**. v, 1, n. 4, 1973.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (ba). **Geo UERJ**, n. 33, 2018.

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

SILVA, B. A; NOGUEIRA, J. L; VIEIRA, E. S. N; PANOBIANCO, M. Critérios para condução do teste de tetrazólio em sementes de araucária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.1, p.61-68, 2016.

SOUSA, I. F.; KUNZLE NETO, E.; MUNIZ, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; SAVIAN, T. V.; MUNIZ, F. R. Ajuste de modelos não lineares autorregressivos na descrição da germinação se sementes de café. **Ciencia Rural**, v. 44, n. 11, p. 2016-2021, 2014.

SUN, W. O.; LEOPOLD, A. D. Acquisition of desiccation tolerance in soybeans. **Physiology Plant**, Minneapolis, v. 87, p. 403-409, 1993.

TEIXEIRA, F. P.; FARIA, J. M. R.; PEREIRA, W. V. S.; JOSÉ, A. C. Maturation and Desiccation Tolerance in Seeds of *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. **Floresta e Ambiente**, v. 25, n. 4, 2018.

TWEDDLE, J.C.; DICKIE, J. B; BASKIN, C. C; BASKIN, J. M. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. **Journal of Ecology**, v. 91, 294-304, 2003.

WALLNÖFER, B. A revision of neotropical Diospyros (Ebenaceae): part 8. **Annalen des Naturhistorischen Museums Wien**, p.151–218. 2015.

ZEVIANI, W. M.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; BONAT, W. H. **Curso: Modelos de regressão não linear**. 2013.

CAPÍTULO 2 - PENDÊNCIA TÉRMICA DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Diospyros inconstans* Jacq. (EBENACEAE)

RESUMO: O conhecimento sobre os limiares térmicos requeridos para a germinação de sementes, aliado ao uso de modelos capazes de descrever e prever a capacidade e o tempo de germinação em diferentes condições ambientais é de grande importância para o desenvolvimento de estratégias efetivas de propagação das espécies vegetais. Este estudo teve como objetivo definir as temperaturas cardiais, o tempo de condução de testes de germinação e aplicar o modelo de tempo térmico para sementes de *Diospyros inconstans*. As sementes utilizadas foram coletadas na Área de proteção Ambiental da Lagoa da Pedra do Cavalo, Feira de Santana (BA). Foi realizado o screening térmico, a partir de testes de germinação realizados em câmaras BOD, nas temperaturas constantes de 10, 20, 25, 30 e 40°C, sob fotoperíodo de 12 horas/luz. As temperaturas cardiais para germinação de sementes de *D. inconstans* são 26,7 °C (temperatura ótima), 13,8 °C (temperatura mínima) e 37,7 °C (temperatura máxima). Os testes de germinação para a espécie podem ser realizados sob temperatura ótima, com duração de 26 dias para emissão da radícula e 63 dias para a formação de plântulas normais. O modelo de tempo térmico proporcionou um ajuste adequado aos dados de germinação e pode ser uma ferramenta válida para descrever a resposta germinativa de sementes da espécie.

Palavras chaves: Espécie florestal, fruta de jacú, temperaturas cardiais e tempo térmico.

CHAPTER 2 - THERMAL DEPENDENCE OF GERMINATION OF SEEDS OF *Diospyros inconstans* Jacq. (EBENACEAE)

ABSTRACT: Knowledge about the thermal thresholds required for seed germination, combined with the use of models capable of describing and predicting the germination capacity and time in different environmental conditions has great importance for the development of effective strategies for the propagation of plants species. This study aimed to define the cardinal temperatures, the time of conducting germination tests and to apply the thermal time model for seeds of *Diospyros inconstans*. The seeds used were collected in the Environmental Protection Area of Lagoa da Pedra do Cavalo, Feira de Santana (BA). Thermal screening was carried out, based on germination tests performed in BOD chambers, at constant temperatures of 10, 20, 25, 30 and 40°C, under a photoperiod of 12 hours/light. The cardinal temperatures for germination of *D. inconstans* seeds are 26.7 ° C (optimal temperature), 13.8 ° C (minimum temperature) and 37.7 ° C (maximum temperature). Germination tests for the species can be carried out at optimum temperature, lasting 26 days for radicle emission and 63 days for the formation of normal seedlings. The thermal time model provided an adequate adjustment to the germination data and can be a valid tool to describe the germinative response of seeds of the species.

Key words: Forest species, jacú fruit, cardinal temperatures and thermal time.

3.1 INTRODUÇÃO

A habilidade que as sementes possuem para responder as mudanças ambientais é essencial para concentrar a germinação no espaço-tempo, com as condições mais adequadas para o estabelecimento inicial das plântulas e desenvolvimento subsequente (ALFARO et al., 2016). Dessa forma, as espécies ampliam as chances sobrevivência das mudas e de regeneração das populações.

Diversos fatores ambientais atuam como reguladores do processo germinativo, entre os quais, a água, a temperatura e a luz (BASKIN; BASKIN, 1998). Quando a umidade do solo não é uma condição limitante, a temperatura torna-se o principal fator que determina o percentual e a velocidade de germinação (BEWLEY et al., 2013).

O papel crucial da temperatura no controle da germinação se dá pela regulação de processos fisiológicos e bioquímicos que culminam no crescimento do embrião (NAIM, 2016). A ação da temperatura nas sementes incluem alterações da velocidade de embebição, da permeabilidade de membranas, da atividade de enzimas (BEWLEY et al., 2013) e do balanço hormonal entre ácido abscísico (ABA) e giberelina (GAs) (TOH et al., 2008).

A faixa de temperatura em que as sementes estão aptas a germinar é específica para cada espécie e está relacionada às condições ambientais a que são adaptadas (ALVARADO; BRADFORD, 2002; MARCOS-FILHO, 2015). Essa faixa é descrita pelas temperaturas cardeais: mínima (T_b), ótima (T_o) e máxima (T_c). As temperaturas mínima e máxima são respectivamente, a menor e a maior temperatura, a partir das quais a germinação é nula, e a temperatura ótima é aquela em que a germinação é máxima e mais rápida (BEWLEY et al., 2013).

A definição das temperaturas cardeais T_b e T_c possibilita o uso do modelo matemático de tempo térmico, para descrever o desempenho germinativo de sementes em resposta a diferentes temperaturas. Nesse modelo, o tempo térmico representa a quantidade de energia térmica que um dado percentual de sementes precisa acumular para germinar, expresso em unidades de graus-dia (CARDOSO, 2011; DUARTE et al., 2012; GARCIA-HUIDOBRO et al., 1982). Além da função descritiva, o modelo de tempo térmico também pode ser utilizado para estimar o

tempo real de germinação de sementes em diferentes temperaturas (ANDRADE & CARDOSO, 2016).

O conhecimento sobre os limiares térmicos requeridos para a germinação de sementes, aliado ao uso de modelos capazes de descrever e prever a capacidade e o tempo de germinação em diferentes condições ambientais é de grande importância para o desenvolvimento de estratégias efetivas de propagação das espécies vegetais.

Diospyros insconstans Jacq popularmente conhecida como fruta de jacú ou marmelinho é uma espécie de hábito arbustivo a arbóreo, de 2 a 10 m de altura, nativa e com ampla distribuição no território brasileiro (LOPES et al., 1999; WALNOFER, 2015). É recomendada para arborização urbana e composição de reflorestamento heterogêneo devido à atratividade de seus frutos para a fauna (CIPRIANE et al., 2017). Contudo, informações sobre as condições requeridas para germinação de suas sementes são escassas.

Dessa forma, a realização deste estudo teve como objetivo definir as temperaturas cardiais, o tempo de condução de testes de germinação e aplicar o modelo de tempo térmico para sementes de *D. inconstans*.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

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

As sementes de *Diospyros inconstans* foram obtidas a partir de frutos maduros (epicarpo roxo) coletados de 17 matrizes, em uma região de pastagem, pertencente à Área de proteção Ambiental da Lagoa da Pedra do Cavalo, no distrito de Ipuacú, Feira de Santana, Bahia, Brasil (12°21'38.0"S e 39°02'26.0"W), em novembro de 2018. O clima da região pela metodologia de Köppen é do tipo Asa, megatérmico com período chuvoso no inverno e seco no verão, com temperatura e pluviosidade média anual em torno de 25,2 °C e 720,7 mm, respectivamente (SANTOS; MARTINS; SANTOS, 2018). Os dados de temperatura e pluviosidade mensais para a região são demonstrados na tabela 1.

Tabela 1: Série histórica (1981-2010) de temperatura (A) e pluviosidade (B) mensais em Feira de Santana, Bahia, Brasil (INMET, 2019).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temp. máx (°C)	32,5	32,7	32,5	30,4	28,5	26,7	26,2	27,7	28,5	30,5	31,9	32,6
Temp. min (°C)	21,3	21,8	21,9	21,5	20,4	19,4	18,4	17,9	18,6	19,8	20,8	21,4
Temp. média (°C)	26,1	26,3	26,3	25,2	23,8	22,5	21,8	21,7	22,8	24,4	25,5	26,0
Pluviosidade (mm)	68,8	79,1	40,8	66,8	84,7	94,9	72,1	56,5	41,6	31,6	67,4	50,0

Em que: Temp. máx= temperatura máxima; Temp. min= temperatura mínima; Temp. média= temperatura média.

No laboratório, as sementes foram beneficiadas manualmente, em seguida lavadas em água corrente e dispostas em bandejas para secagem superficial por três dias em temperatura ambiente antes da determinação do teor de água e montagem do experimento. O teor de água das sementes (25,8%) foi determinado pelo método da estufa a 105°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) por 24 horas, utilizando quatro repetições de quatro gramas de sementes (BRASIL, 2009).

O Screening térmico foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições de 25 sementes por tratamento. As sementes apesar de não apresentarem dormência foram submetidas a um corte na região oposta ao hilo para acelerar a germinação (dados não publicados) e em seguida, dispostas em rolos de papel germitest, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso (g) do papel seco (BRASIL, 2009). Os rolos foram acondicionados em sacos plásticos transparentes para minimizar a evaporação e colocados em diferentes câmaras de germinação tipo B.O.D. sob as temperaturas constantes de 10, 20, 25, 30 e 40°C, e fotoperíodo de 12 horas/luz.

O número de sementes germinadas (mínimo de 2 mm de radícula), de plântulas normais e anormais (BRASIL, 2009) foi contabilizado diariamente por 90 dias. A contagem foi finalizada após todas as sementes germinadas formarem plântulas. Ao final do experimento, a viabilidade das sementes duras foi confirmada pelo teste de tetrazólio a 0,5%, com o tempo de exposição das sementes a solução de 2 horas, na temperatura de 30°C (SILVA et al., 2016).

As variáveis (componente aleatório): número de sementes germinadas, número de sementes mortas e número de sementes duras obtidas nas diferentes temperaturas (componente sistemático) foram analisados por modelos lineares generalizados (MLG), com distribuição binomial e função de ligação logit (CARVALHO et al., 2018). As inferências da análise foram baseadas na estatística do Chi-Square (CARVALHO et al., 2018). Os dados referentes às variáveis com efeito significativo foram transformados em percentuais e aplicou-se análise de regressão por MLG (modelo gaussiano e ligação canônica).

Para determinar o tempo mínimo necessário para a condução do teste de germinação em lotes de sementes de *D. inconstans*, construiu-se a curva de germinação e de formação de plântulas normais para a temperatura de 25 °C pelo ajuste do modelo de regressão não linear response-platô (LPR). O modelo trata-se de uma regressão não-linear segmentada, que 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 modelo LRP é dado por: $y_i \leftrightarrow (\beta_0 + \beta_1 x_i, x_i \leq \beta_b ; \beta_0 + \beta_1 \beta_b, x_i > \beta_b)$, em que, β_0 é o intercepto (Y), β_1 é taxa de incremento da germinação e β_b é o ponto de quebra; para valores de x maiores que β_b a função é constante e indica a estabilização da germinação, que foi assumido como o tempo mínimo necessário para condução do teste de germinação de sementes da espécie em estudo. Todas as análises dos dados foram realizadas com o software R versão 3.5.3 (R Core Team, 2019).

A modelagem da dependência térmica da germinação foi realizada segundo as equações propostas em Ellis et al., (1986) e Cardoso (2011), com algumas adaptações. Este procedimento foi realizado em três etapas.

Na etapa I, para determinar se as temperaturas base (T_b) e máxima (T_c) eram únicas no lote de sementes estudado ou variava dentro da população, foi calculada a taxa de germinação pelo inverso do tempo médio (BEWLEY et al., 2013), para os percentuais de germinação de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70% e 80%, para cada repetição, em cada temperatura avaliada. Em seguida, ajustou-se um modelo de regressão da taxa de germinação em função da temperatura para cada percentual de germinação por MLG (modelo gaussiano e ligação canônica).

Na etapa II ajustou-se o modelo de regressão probítica para as temperaturas infra-ótimas. Para isso, os percentuais de germinação acumulados para cada repetição, em cada temperatura foram transformados em $\text{probit}(g)$ pela função INV.NORM no programa excel (CARDOSO, 2011) e ajustados em função do logarítmico do tempo térmico ($\log\Theta_g = [(T-T_b)t_g]$), pelo modelo: $\text{PROBIT}(g) = a + \{\log [(T-T_b)t_g]\} / \sigma\Theta$ em que, a é o intercepto, T é a temperatura experimental, T_b é a temperatura base, t_g é o tempo de germinação e $\sigma\Theta$ é o inverso do coeficiente de inclinação da reta. O valor de T_b utilizado foi a média dos valores de T_b obtidos pelos pontos de mínimos referentes aos percentuais de germinação testados. Após o ajuste do modelo obteve-se a equação que estima, para temperaturas infra-ótimas o tempo esperado para que determinada proporção de sementes germine: $t_g = [10^{(\text{probit}(g)-a) \cdot \sigma}] / (T-T_b)$, em que, t_g é o tempo necessário para determinada proporção de sementes germinar; g é proporção de germinação para qual se deseja estimar o tempo necessário; a e σ são parâmetros estimados do modelo, conforme já definidos anteriormente.

Na etapa III ajustou-se o modelo de regressão probítica para as temperaturas supra-ótimas. O modelo utilizado foi semelhante ao das temperaturas infra-ótimas, uma vez que o lote de sementes exibiu uma T_c aproximada entre as diferentes subpopulações (CARDOSO; PEREIRA, 2009), a diferença está na substituição de $[(T-T_b)t_g]$ por $[(T_c-T)t_g]$. Após o ajuste do modelo obteve-se a equação que estima, para temperaturas supra-ótimas, o tempo necessário para que determinada proporção de sementes germine: $t_g = [10^{(\text{probit}(g)-a) \cdot \sigma}] / (T_c-T)$.

Os modelos de regressão probit foram ajustados na forma não linear, utilizando mínimos quadrados generalizados e o algorítmico iterativo de Gauss-Newton do pacote nlme (PINHEIRO et al., 2019). Todas as análises dos dados foram realizadas com o software R versão 3.5.3 (R Core Team, 2019).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de sementes germinadas, mortas e duras de *Diospyros inconstans* foi significativamente influenciado pela temperatura (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de desvio (ANODEV) para germinação de *Diospyros inconstans* Jacq., em resposta a temperatura, modelada pela distribuição Binomial, com função de ligação logística.

Número de sementes germinadas			
Fonte de variação	Deviance	Diferença de Deviance	valor-p (Chi-Square)
Nulo	467.0	-	-
Temperatura	460.6	6.3798	0.01
AIC		492.7	
BIC		494.7	
Número de sementes mortas			
Fonte de variação	Deviance	Diferença de Deviance	valor-p (Chi-Square)
Nulo	355.8		
Temperatura	255.0	100.8	<0.0001
AIC		296.7	
BIC		298.7	
Número de sementes duras			
Fonte de variação	Deviance	Diferença de Deviance	valor-p (Chi-Square)
Nulo	278.6		
Temperatura	57.4	221.2	<0.0001
AIC		94.5	
BIC		96.5	

AIC= critério de informação de Akaike; BIC= critério bayesiano de Schwarz.

De acordo com a curva de regressão para o percentual de germinação, a germinabilidade é máxima na temperatura de 27,8 °C e se mantém em torno de 90% na faixa de 25 °C a 30 °C (Figura 1). Em temperaturas inferiores ou superiores a essa faixa, a germinação decresce progressivamente, com os menores valores sendo expressos nas temperaturas de 13,2 °C e 39,5 °C (Figura 1). Ressalta-se que nas temperaturas experimentais de 10 °C e 40 °C a germinação foi nula.

Esse resultado é semelhante ao obtido por Cipriani et al., (2017) que ao estudarem a germinação de sementes de *D. inconstans* provenientes de uma população do estado do Mato Grosso observaram os maiores percentuais de germinação nas temperaturas de 25 °C e 30 °C.

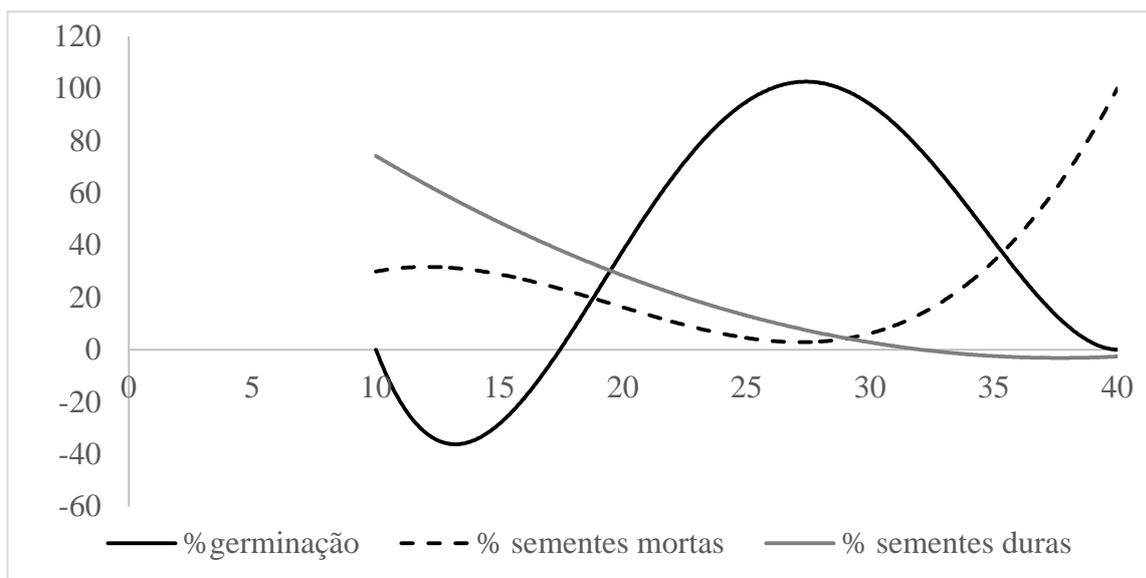


Figura 1: Percentual de germinação ($\%g = 0.0037t^4 - 0.3969t^3 + 14.681t^2 - 214.14t + 1033.3$; $R^2 = 0.99$, %); Percentual de sementes duras ($\%duras = 0.101t^2 - 7.6076t + 140.2$; $R^2 = 0.83$) e Percentual de sementes mortas ($\%mortas = 0.0167t^3 - 0.9814t^2 + 16.405t - 52.6$; $R^2 = 0.9522$) de *Diospyros inconstans* Jacq. em função da temperatura.

O desempenho germinativo observado para as sementes de *D. inconstans* no presente estudo está de acordo com Brancalion et al., (2010), que reportam as temperaturas em torno de 25 °C a 30 °C como as mais adequadas para a germinação da maioria das espécies arbóreas brasileiras e com Durr et al., (2015), que reportam as temperaturas de 10 °C e 40 °C como os limites térmicos para as espécies florestais tropicais.

O percentual de sementes duras foi maior nas menores temperaturas e reduziu com o aumento da temperatura até atingir valor nulo a 32,2 °C (Figura 1). Visto que a ocorrência da germinação depende de várias reações bioquímicas, o aumento do percentual de sementes duras nas temperaturas mais baixas pode ser explicado pela redução da atividade de enzimas envolvidas no metabolismo germinativo (ARAÚJO NETO; AGUIAR; FERREIRA, 2003; OKUSANYA, 1980), com consequente inibição da germinação.

Nas temperaturas acima de 27,8 °C ocorreu um aumento acentuado do percentual de sementes mortas, que atingiu 100% em 40 °C (Figura 1), o que indica que as sementes de *D. inconstans* são sensíveis a altas temperaturas. A dispersão de sementes dessa espécie na APA do Lago da Pedra do Cavalo ocorre entre setembro (MENDONÇA et al., 2018) a novembro, correspondendo à metade da

primavera. Santos; Martins; Santos (2018) destacam que essa região tem dois períodos chuvosos, o primeiro no outono-inverno e o segundo no final da primavera. Assim, a sensibilidade das sementes dessa espécie a temperaturas elevadas sugere que o período mais favorável para a germinação, nesta região, é durante o outono-inverno, quando as temperaturas são mais amenas (INMET, 2019). No entanto, as sementes de *D. inconstans* podem ser expostas a condições de umidade do solo, favoráveis a germinação, logo após a dispersão na primavera, quando as médias das temperaturas máximas são acima de 30 °C, podendo alcançar valores acima de 35 °C (INMET, 2019), o que pode comprometer o sucesso germinativo.

A constatação de que a germinação de sementes de *D. inconstans* pode ser afetada de forma negativa sob altas temperaturas, alerta para o risco de comprometimento na regeneração das populações desta espécie na APA do Lago da Pedra do Cavalo. O atual contexto de crescente desmatamento e de abertura de clareiras, que contribui para o aumento da temperatura do solo, somado ao aquecimento global, aumenta ainda mais o risco de eliminação desta espécie na referida APA. Alguns dos impactos do aquecimento do solo nas características regenerativas, como a redução e atraso da emergência de plântulas foram reportados em estudo de Cochrane et al., (2014) para as espécies arbustivas do gênero *Banksia* (Proteaceae).

A temperatura é um importante fator na regulação do tempo de germinação em sementes não dormentes (Yi et al., 2019). A taxa de germinação para as sementes de *D. inconstans* foi maior nas temperaturas de 25 °C e 30 °C (0.050 e 0.044, respectivamente) e menor na temperatura de 20 °C (0.016) ($p < 0,0001$). A rápida germinação na faixa de temperatura ótima resulta do aumento da velocidade de embebição e das reações bioquímicas de mobilização de reservas, síntese de novos RNAs e proteínas relacionadas ao processo germinativo (MARCOS-FILHO, 2015), e pode ser uma estratégia para viabilizar o rápido estabelecimento das plântulas quando as condições ambientais se tornam favoráveis, a exemplo da ocorrência de chuvas (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

A temperatura de 25°C promoveu a maior formação de plântulas normais (68%), quando comparada com a temperatura de 30 °C (35%) ($p=0,03$). Nas temperaturas abaixo de 20 °C, a formação de plântulas normais foi completamente

inibida. Esses dados indicam que a formação de plântulas foi mais sensível à temperatura, que a germinabilidade e a taxa de germinação.

Em baixas temperaturas muitas sementes ou plântulas podem sofrer danos aos sistemas de membranas, conhecido como injúrias por resfriamento, cujos sintomas podem ser expressos pela redução ou inibição do crescimento das plântulas (POLLOCK; TOOLE, 1966; POLLOCK, 1972; MARCOS-FILHO, 2015). Em temperaturas acima da ótima, os danos a sementes e plântulas resultam da peroxidação lipídica da membrana plasmática, dos sistemas de endomembranas, da desnaturação e da agregação de proteínas (ÁVWAHID et al., 2007). Entretanto, Silva (2001) destaca que os efeitos da temperatura sobre o desempenho germinativo dependem do grau de umidade inicial das sementes e da duração da exposição.

A curva de germinação da regressão response-platô para os dados correspondentes a temperatura de 25°C mostra que a germinação de sementes de dessa espécie inicia aos 10 dias e estabiliza aos 25 dias considerando apenas a protrusão da raiz primaria (Figura 2). Já a formação de plântulas normais, inicia aos 34 dias e estabiliza-se aos 63 dias (Figura 3).

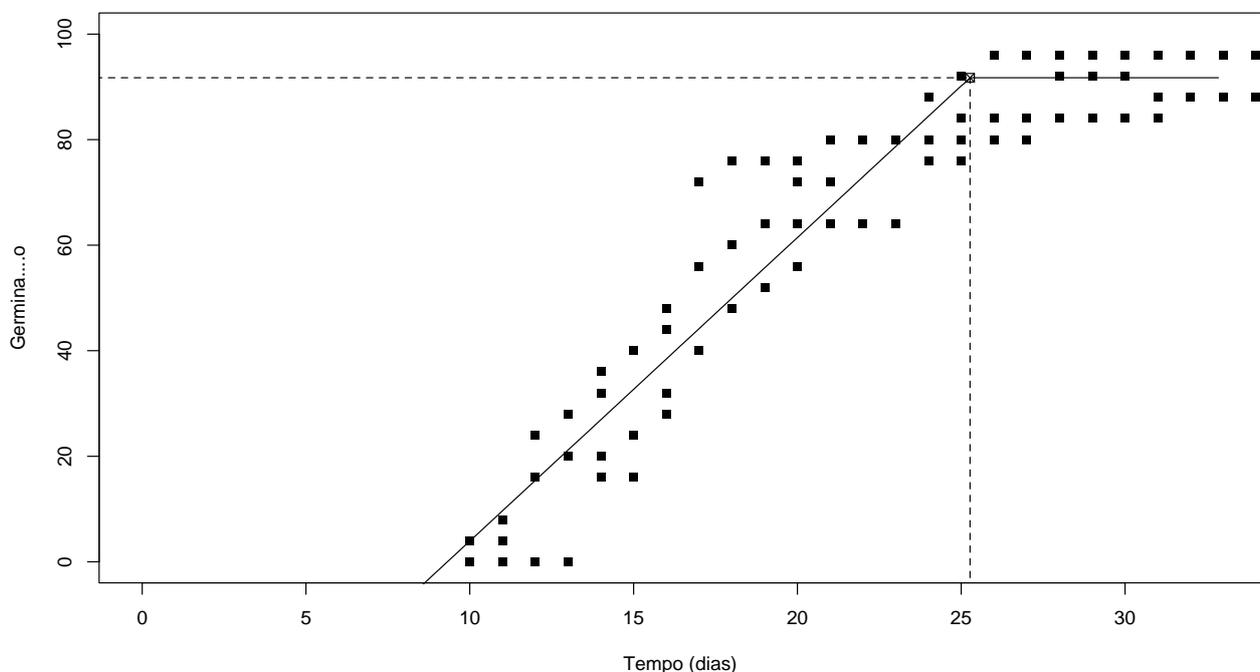


Figura 2: Curva de germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. em função do tempo ajustada pela regressão response-platô ($R^2=0.93$).

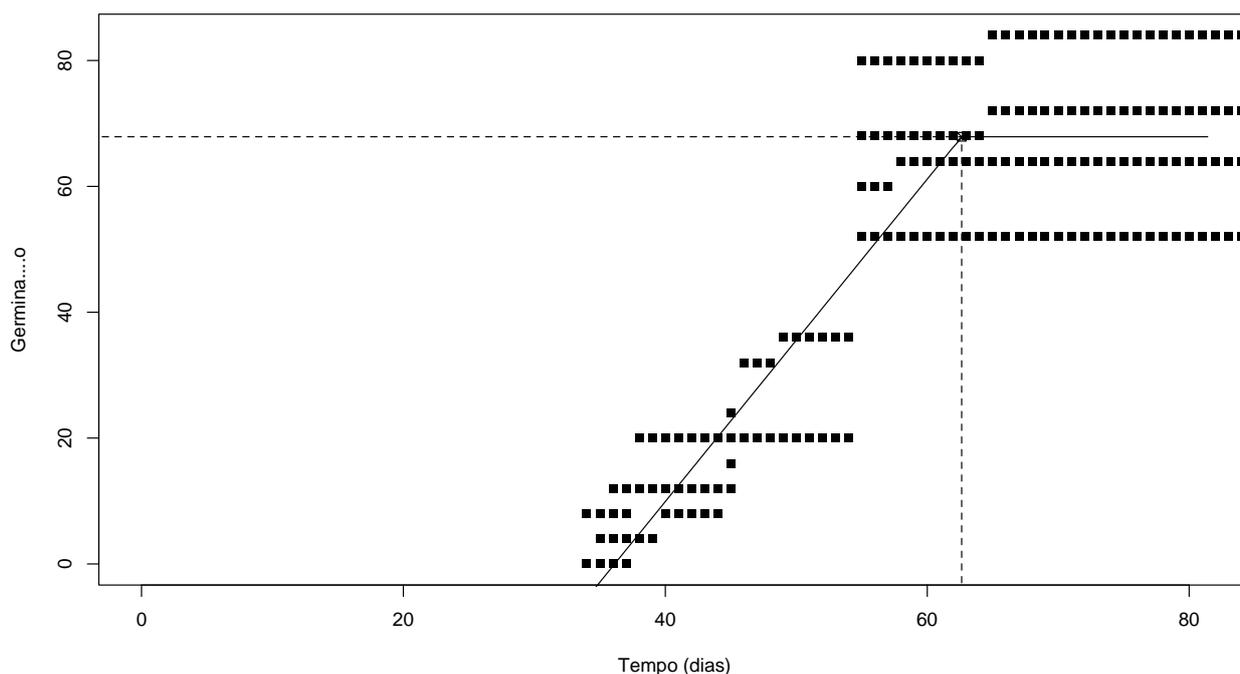


Figura 3: Curva da formação de plântulas normais de *Diospyros inconstans* Jacq. em função do tempo ajustada pela equação response-platô ($R^2=0.81$).

Na modelagem do tempo térmico, as curvas da taxa de germinação em função da temperatura estimaram valores aproximados para as temperaturas cardeais entre os diferentes percentuais de germinação (Tabela 3).

Tabela 3: Equações ajustadas para taxa de germinação (tg) em função da temperatura para diferentes percentuais de germinação para *Diospyros inconstans* Jacq.

% G	Equação	Tb	To	Tc	AIC	BIC	%S	R ²
10%	$Tg=0.000005608t^4 - 0.0005848t^3 + 0.02120t^2 - 0.3084t + 1.494$	13.58	26.69	37.95	150.33	144.36	13.70	0.99
20%	$Tg= 0.000005721x^4 - 0.0005957x^3 + 0.02158x^2 - 0.3142x + 1.522$	13.63	26.60	37.84	153.90	147.9	13.10	0.99
30%	$Tg= 0.000005588x^4 - 0.0005814x^3 + 0.02105x^2 - 0.3068x + 1.488$	13.69	26.48	37.86	154.60	148.60	13.80	0.99
40%	$Tg= 0.000006176x^4 - 0.0006433x^3 + 0.02337x^2 - 0.3426x + 1.671$	13.82	26.63	37.66	142.10	136.13	20.90	0.97
50%	$Tg= 0.000006672x^4 - 0.0006951x^3 + 0.0253x^2 - 0.3726x + 1.824$	13.96	26.65	37.53	165.75	159.78	12.80	0.99
60%	$Tg= 0.000006529x^4 - 0.0006795x^3 + 0.02471x^2 - 0.3637x + 1.78$	13.96	26.61	37.48	170.20	164.20	12.10	0.99

70%	$Tg = 0.000006194x^4 - 0.0006443x^3 + 0.02343x^2 - 0.3447x + 1.686$	13.94	26.73	37.35	169.90	164.00	13.10	0.99
80%	$Tg = 0.000005923x^4 - 0.0006164x^3 + 0.02242x^2 - 0.3298x + 1.614$	13.93	26.73	37.39	170.50	164.60	13.40	0.99
Média	-	13.81	26.64	37.63	-	-	-	-

Em que: %G=percentual de germinação; Tb=temperatura mínima; To=temperatura ótima; Tc=temperatura máxima; AIC=critério de informação de Akaike; %S=desvio padrão em percentagem; BIC=critério bayesiano de Schwarz.

A temperatura mínima (Tb) para a germinação de *D. inconstans* foi estimada em torno de 13.81 ($S_{\bar{x}} = 0.06$), com coeficiente de variação (%CV) de 1.15%, a temperatura máxima (Tc), foi estimada em torno de 37.63 ($S_{\bar{x}} = 0.08$), %CV=0.61 e a temperatura ótima (To), foi estimada em 26.64 ($S_{\bar{x}} = 0.03$), %CV=0.31. O limiar de temperatura estimado a partir desta modelagem foi próximo ao estimado pela curva do percentual de germinação em função da temperatura (Figura 1).

A ocorrência de uma Tb relativamente constante entre os diferentes percentuais de germinação, como observado no presente estudo, tem sido reportada para várias espécies (ALVARADO; BRADFORD, 2002; CARDOSO; PEREIRA, 2009; COVELL et al., 1986; DERAKHSHAN et al, 2018; ELLIS et al., 1986). Nesse caso, as diferenças do tempo de germinação deve-se a variação do tempo térmico, ou seja, do acúmulo de graus-dia requerido para que cada percentual de sementes de um lote ou de uma população germine (CARDOSO, 2011; KERBAUY, 2008). Entretanto, essa relação não é universal e as sementes de algumas espécies podem apresentar variação de Tb (BEWLEY, 2013; CARDOSO, 2011).

Na faixa supra-ótima muitos estudos têm encontrado variações de Tc e tempo térmico constante entre os diferentes percentuais de germinação (ALVARADO; BRADFORD, 2002; COVELL et al., 1986; DERAKHSHAN et al, 2018; ELLIS et al., 1986). Assim, a variação entre os tempos de germinação é atribuída a diferença entre a Tc e a temperatura experimental (CARDOSO, 2011; KERBAUY, 2008). Para as sementes de *D. inconstans*, o Tc, assim como o Tb, foi estável para os diferentes percentuais de germinação. Resultado semelhante foi encontrado por Cardoso & Pereira (2009), para as sementes de *Drymaria cordata* (L.).

O modelo de regressão probit proporcionou um ajuste adequado aos dados de germinação das sementes de *D. inconstans* na temperatura de 25°C (Tabela 4).

Tabela 4: Parâmetros do modelo de regressão probit para descrição da germinação de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. nas temperaturas infra-ótimas e supra-ótimas.

Parâmetros	Infra-ótimas		Supra-ótimas	
	Valor	IC (LI/LS)	Valor	IC (LI/LS)
A	-397.32	-429.8/-364.8	-407.3	-440.54/-374.07
$\sigma\Theta$	0.0052651	0.00488/0.005649	0.005265	0.004882/0.005648
%S		10.4		10.4
R ²		0.99		0.99
AIC		143.4		143.4
BIC		146.8		146.8

Em que: a= intercepto, $\sigma\Theta$ =inverso do coeficiente de inclinação da reta, %S =desvio padrão em porcentagem, R²=coeficiente de determinação, AIC=critério de informação de Akaike; BIC=critério bayiano de Schwarz, IC=intervalos de confiança, LI= limite inferior, LS=limite superior.

De acordo com o ajuste obtido, para estimar o tempo necessário para que uma determinada proporção de sementes germine (tg), entre as temperaturas infra-ótimas (13.8°C < T≤26.6°C) pode-se utilizar a seguinte equação: $Tg=(10^{(\%G- (-397.3)) * 0.0053}) / (T-13.81)$, em que, %G =proporção de germinação para qual se deseja estimar o tempo e T é a temperatura para qual se deseja avaliar o comportamento da germinação. Aplicando a equação, para que ocorra 80% de germinação de sementes de *D. inconstans* a 25 °C serão necessários 29 dias.

Para as temperaturas supra-ótimas (26.6°C <T<37.6°C) a equação que estima o tempo necessário para que determinada proporção de sementes germine (TS) é: $TS=(10^{(\%G- (-407.3)) * 0.0053}) / (37.6-T)$. Aplicando a equação, para que ocorra 80% de germinação na temperatura de 30 °C serão necessários 48 dias.

O tempo estimado a partir das equações para a germinação de 50% das sementes sob as temperaturas entre 15°C e 36°C é apresentado na figura 4. Observa-se na faixa infra-ótima que quanto mais próxima à temperatura de germinação for da temperatura ótima, mais rápida a germinação ocorrerá. Desempenho semelhante é observado para a faixa supra-ótima.

Ainda de acordo com o modelo, para ocorrer 50% de germinação na temperatura de 25 °C são necessários 20 dias. Experimentalmente esse percentual de germinação foi obtido aos 17 dias, o que indica que o uso do modelo de tempo

térmico pode ser uma ferramenta útil para descrever e prever a germinação de lotes de sementes da espécie.

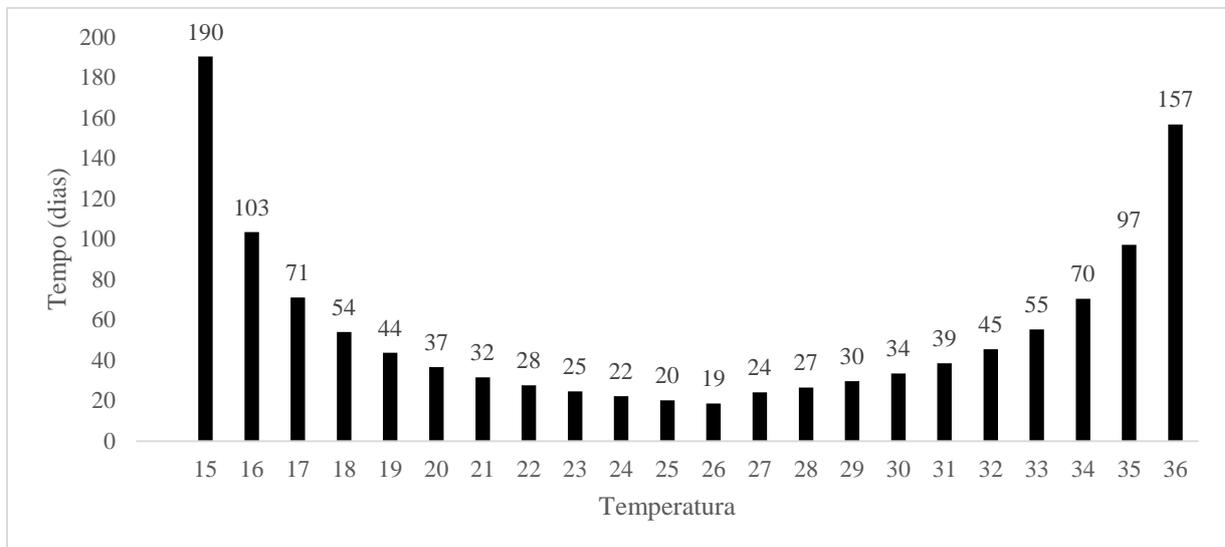


Figura 4: Tempo necessário para germinação de 50% de sementes de *Diospyros inconstans* Jacq. em diferentes condições de temperatura.

3.4 CONCLUSÕES

As temperaturas cardeais para a germinação de sementes de *Diospyros inconstans* são 13,8 °C (mínima), 26,7 °C (ótima) e 37,7 °C (máxima).

Os testes de germinação para a espécie podem ser realizados sob temperatura ótima, com duração de 26 dias para a protusão da raiz e 63 dias para a formação de plântulas normais.

O modelo de tempo térmico proporcionou um ajuste adequado aos dados de germinação de sementes da espécie.

REFERÊNCIAS

- ALFARO, B. J.; SILVEIRA, F. A. O.; FIDELIS, A.; POSCHOLD, P.; COMMANDER, L. E. Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. **Journal of Vegetation Science**, v. 27, p. 637-645, 2016.
- ALVARADO, V.; BRADFORD, K. J. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. **Plant Cell and Environment**, v.25, p. 1061–1069, 2002.
- ANDRADE, L. F. D.; CARDOSO, V. J. M. Does thermal time for germination vary among populations of a tree legume (*Peltophorum dubium*)?. **Brazilian Journal of Biology**, v. 76, n. 3, p. 592-599, 2016.
- ARAUJO NETO, J. C.; AGUIAR, I. B.; FERREIRA, V. M. Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. **Revista Brasileira Botanica**, v.26, n.2, p.249-256, 2003.
- BASKIN, C.C; BASKIN, J.M. 1998. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. Academic Press, San Diego. 666p.
- BEWLEY, J.D., BRADFORD, K., HILHORST, H.W.M. AND NONOGAKI, H. (2013) **Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy**, 3 ed.. New York: Springer Science.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. 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.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: MAPA/ACS, p. 399.
- CARDOSO, V. J. M. Metodologia para análise da dependência térmica da germinação pelo modelo de graus-dia. **Oecologia Australis**, vol. 15, n. 2, pp. 236-248, 2011.
- CARDOSO, V. J. M.; PEREIRA, F. J. M. Dependência térmica da germinação de sementes de *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Roem. & Schult. (Cariophyllaceae). **Acta botanica brasílica**. v, 23, n. 2, p. 305-312, 2009.
- CARVALHO, F. J; SANTANA, D. G; ARAÚJO, L. B. Why analyze germination experiments using Generalized Linear Models? **Journal of Seed Science**, v.40, n.3, p.281-287, 2018
- CIPRIANI, V. B.; LIMA, B. M.; GARLET, J.; EBUMEO, L. Seed Sanity of *Diospyros Inconstans* Jacq. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 11, n. 11, p. 41-47, 2017.

COCHRANE, A.; HOYLE, G. L.; YATES, C. J.; WOOD, J.; NICOTRA, A. B. Predicting the impact of increasing temperatures on seed germination among populations of Western Australian *Banksia* (Proteaceae). **Seed Science Research**, v. 24, p.195–205, 2014.

COVELL, S., ELLIS, R.H., ROBERTS, E.H. and Summerfield, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. I. A comparison of chickpea, lentil, soyabean and cowpea at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 37, p. 705–715, 1986.

DERAKHSHAN, A.; BAKHSHANDEHA, A.; SIADATA, S. A.; MORADI-TELAVATA, M.; ANDARZIAN, S. B. Quantifying the germination response of spring canola (*Brassica napus* L.) to temperature. **Industrial Crops and Products**, v. 122, p. 195-201, 2018.

DUARTE, A. A.; LEMOS FILHO, J. P.; MARQUES, A. R. Seed germination of bromeliad species from the campo rupestre: thermal time requirements and response under predicted climate-change scenarios. **Flora**, v. 238, p. 119-128, 2018.

DURR, C; DICKIE, J. B; YANG, X. Y; PRITCHARD, H. W. Ranges of critical temperature and water potential values for the germination of species worldwide: Contribution to a seed trait database. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 200, p. 222-232, 2015.

ELLIS, R.H.; COVELL, S.; ROBERTS, E.H. & SUMMERFIELD, R.J. The influence of temperature on seed germination rate in grain legumes. II. Intraspecific variation in chickpea (*Cicer arietinum* L.) at constant temperatures. **Journal of Experimental Botany**, v. 17, p.1503-1515, 1986.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

GARCIA-HUIDOBRO, J., MONTEITH, J. L. AND SQUIRE, G. R. Time, temperature and germination of pearl millet (*Pennisetum typhoides* S. and H.). **Journal of Experimental Botany**, v.33, p. 288–296, 1982.

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.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia, 2019. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/>

KERBAUY, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan SA, 2008. 431p.

LOPES, R. C. Ebenaceae Vent. do Estado do Rio de Janeiro. **Rodriguésia**, v. 50, n. 76/77, p. 85-107, 1999.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2 ed. Londrina: ABRATES, 2015.

MENDONÇA, A. V. R., SOUZA, J. S., SOUZA, M. O., SANTOS, J. P. A. **Propagação de espécies florestais nativas da Bahia**: uma contribuição para conservação das APAs de Joanes-Ipitanga e Lago Pedra do Cavalo. Cruz das Almas: editora UFRB, 2018. p.422.

NAIM, A. H. Mathematical Thermal Time Model to Explain Seed Germination. **International Journal For Research In Agricultural And Food Science**, v. 2, n. 1, 2016.

OKUSANYA, O. T. Germination and growth of *Celosia cristata* L., under various light and temperature regimes. **American Journal Botanic**, v. 67, n. 6, p. 854-858, 1980.

PINHEIRO, J. C. et al. **Nlme: linear and nonlinear mixed effects models**. R PackageVersion 3.1-120. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/nlme.pdf>. Acesso em: 16 jul. 2019.

POLLOCK, B. M.; TOOLE, V. K. Imbibition Period as the Critical Temperature Sensitive Stage in Germination of Lima Bean Seeds. **Plant Physiology**, n. 41, p. 221-229, 1966.

POLLOCK, B. M. Effects of Environment after Sowing on Viability. In: ROBERTS, E. H. **Viability of Seeds**, 1972, P. 150-171.

R CORE TEAM (2019) R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

SANTOS, R. A.; MARTINS, D. L.; SANTOS, R. L. Balanço hídrico e classificação climática de Köppen e Thornthwaite no município de Feira de Santana (Ba). **Geo UERJ**, n. 33, 2018.

SILVA, B. A; NOGUEIRA, J. L; VIEIRA, E. S. N; PANOBIANCO, M. Critérios para condução do teste de tetrazólio em sementes de araucária. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.51, n.1, p.61-68, 2016.

TOH, S.; IMAMURA, A.; WATANABE, A.; NAKABAYASHI, K.; OKAMOTO, M.; JIKUMARU, Y.; HANADA.; ASO, Y.; ISHIYAMA, K.; TAMURA, N.; LUCHI, S.; KOBAYASHI, M.; YAMAGUCHI, S.; KAMIYA, Y.; NAMBARA, E.; KAWAKAMI, N. High Temperature-Induced Abscisic Acid Biosynthesis and Its Role in the Inhibition of Gibberellin Action in *Arabidopsis* Seeds. **Plant Physiology**, v. 146, 2008.

WAHID, A.; GELANI, S.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, p. 199-22, 2007.

WALLNÖFER, B. A revision of neotropical *Diospyros* (Ebenaceae): part 8. **Annalen des Naturhistorischen Museums Wien**, p.151–218, 2015.

YI, F; WANG, Z; BASKIN, C; BASKIN, J. M; YE, R; SUN, H; ZHANG, Y; YE, X; LIU, G; YANG, X; HUANG, Z. Seed germination responses to seasonal temperature and drought stress are species-specific but not related to seed size in a desert steppe: Implications for effect of climate change on community structure. **Ecology and Evolution**, v. 9, p. 2149–2159, 2019.