



**THIAGO DONIZETTI MAGALHÃES**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Syagrus*  
*romanzoffiana* (Cham.) Glassman**

**LAVRAS – MG  
2021**

**THIAGO DONIZETTI MAGALHÃES**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.)  
Glassman**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

**LAVRAS – MG  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Magalhães, Thiago Donizetti.

Qualidade fisiológica de sementes de *Syagrus romanzoffiana*  
(Cham.) Glassman / Thiago Donizetti Magalhães. - 2021.

53 p.

Orientador(a): Anderson Cleiton José.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Jerivá. 2. Dormência. 3. Tolerância à dessecação. I. José,  
Anderson Cleiton. II. Título.

**THIAGO DONIZETTI MAGALHÃES**

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.)**

**Glassman**

**PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SEEDS OF *Syagrus romanzoffiana* *Syagrus***

***romanzoffiana* (Cham.) Glassman**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de Novembro de 2021

Prof. Dr. Anderson Cleiton José, UFLA

Prof. Dr. José Márcio Rocha Faria, UFLA

Prof. Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, UNESP

Prof. Dr. Anderson Cleiton José

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2021**

*Aos meus pais, Nélia e Francisco,  
por toda luta, educação e incentivo  
de seguir caminhando*

*Thiago Donizetti Magalhães*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus avós Nélio e Maria de Nazaré, pelo amor, carinho e confiança que me deram.

À minha avó Vera, e ao meu avô Francisco (in memoriam) pela luta e dedicação.

À minha irmã Thaianny, pelo companheirismo e carinho.

À minha companheira e melhor amiga Ariane, pela paciência, e por me incentivar a caminhar cada vez mais longe.

Às minhas amigas Elisa e Lizandra, pela amizade e companheirismo.

À Universidade Federal de Lavras e ao departamento de Ciências Florestais.

Ao Laboratório de Sementes Florestais, e a todos os professores, servidores e colegas que me acompanharam.

Ao professor e orientador Anderson Cleiton José, pelos ensinamentos.

À Olivia Alvina Oliveira Tonetti, por todo conhecimento e ajuda na execução desse trabalho.

Ao programa de pós-graduação em Engenharia Florestal.

Muito Obrigado!!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

## RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi investigar a fisiologia da germinação de *Syagrus romanzoffiana* (Jervá). O primeiro capítulo, apresenta o referencial teórico acerca dos processos e mecanismos intrínsecos à germinação. Já no segundo, avaliou-se o efeito da época de coleta e da secagem nas sementes da espécie, coletadas em seis períodos distintos distribuídos ao longo de um ano. O efeito do período de coleta foi observado em todos os parâmetros utilizados na caracterização da espécie. Sementes coletadas durante a estação seca apresentaram características fisiológicas superiores em comparação com aquelas coletadas dentro da estação úmida. A secagem da semente ocasionou uma redução na germinação e vigor das sementes, e uma maior expressão da dormência. As variáveis temperatura e precipitação se correlacionaram apenas com o percentual de germinação e com a dormência na semente fresca. Conforme os resultados, foi possível concluir que as sementes de *S. romanzoffiana* apresentam um mecanismo de inibição da germinação que, conjuntamente com outros parâmetros fisiológicos, apresenta variação sazonal. No terceiro capítulo, buscou-se classificar tal espécie quanto à sua capacidade de armazenamento e de tolerar a dessecação. Para tanto, coletou-se sementes em dois períodos distintos, as quais foram sujeitas a diferentes níveis de secagem. O resultado da secagem e do armazenamento foi expresso somente no percentual de germinação. Com os lotes coletados não foi possível observar efeitos da época de coleta na tolerância à dessecação. Infere-se que a *romanzoffiana* apresenta comportamento ortodoxo.

Palavras-Chave: Jervá. Dormência. Tolerância à dessecação. Sementes.

## ABSTRACT

The aim of the present work was to investigate the germination physiology of *Syagrus romanzoffiana* (Jervá). The first chapter presents the theoretical framework about the processes and mechanisms intrinsic to germination. In the second, the effect of the harvest period and drying on the seeds of the species, collected in six distinct periods distributed over a year, was evaluated. The effect of the harvest period was observed in all parameters used in the characterization of the species. Seeds collected during the dry season showed superior physiological characteristics compared to those collected during the wet season. Seed drying caused a reduction in germination and seed vigor, and a greater expression of dormancy. The temperature and precipitation variables correlated only with the percentage of germination and dormancy in fresh seed. According to the results, it was possible to conclude that the seeds of *S. romanzoffiana* present a germination inhibition mechanism that, together with other physiological parameters, presents seasonal variation. In the third chapter, we sought to classify this species as to its storage capacity and to tolerate desiccation. For this purpose, seeds were collected in two different periods, which were subjected to different drying levels. The result of drying and storage was expressed only in percentage of germination. With the lots collected, it was not possible to observe effects of the harvest period on desiccation tolerance. It is inferred that the Romanzoffian has an orthodox behavior.

Key words: Jervá. Dormancy. Desiccation Tolerance. Seeds.



## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>9</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>10</b>
2.1 Caracterização da espécie .....	10
2.2 Dormência .....	11
2.3 Dormência em palmeiras .....	12
2.4 Tolerância à dessecação .....	13
2.5 Tolerância à dessecação em palmeiras .....	14
2.6 Desenvolvimento de sementes.....	14
2.7 Efeito do ambiente no desenvolvimento da semente .....	16
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO 2 - EFEITO DA VARIAÇÃO CLIMÁTICA NA FISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman. ....</b>	<b>24</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
2.1 Coleta e beneficiamento .....	26
2.2 Secagem e teste de germinação.....	27
2.3 Análise dos dados.....	28
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>
<b>CAPÍTULO 3 - TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE <i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman.....</b>	<b>40</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>2 METODOLOGIA.....</b>	<b>42</b>
2.1 Coleta e beneficiamento .....	42
2.2 Classificação quanto à tolerância à dessecação e capacidade de armazenamento .....	43
2.3 Determinação do conteúdo de água das sementes .....	43
2.4 Teste de germinação e tetrazólio .....	43
2.5 Alongamento in vitro dos embriões .....	44
2.6 Efeito do período de coleta na viabilidade de sementes submetidas à secagem.....	45
2.7 Análise dos dados.....	45
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>49</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL

### 1 INTRODUÇÃO

Arecaceae é uma família do grupo das monocotiledôneas, com ampla distribuição nos trópicos e subtropicais em todo o mundo. Essa família compreende entre 2400 a 2600 espécies, distribuídas em 252 gêneros (BASKIN; BASKIN, 2014b). O território brasileiro apresenta 38 gêneros com aproximadamente 270 espécies nativas, presentes em todas as regiões brasileiras (LORENZI et al., 2004; SCARIOT, 2015). As palmeiras constituem um grupo de plantas com importância econômica ao fornecer uma ampla gama de produtos florestais não madeireiros (SCARIOT, 2015; ZAMBRANA et al. 2007), e também ecológica ao ser fonte alimentar para a mais variada fauna silvestre (LIMA et al, 2002).

Os estudos com Arecaceae têm sido conduzidos principalmente no que se refere à biologia reprodutiva e à dispersão de sementes, isso porque embora as palmeiras possuam enorme potencial de utilização econômica e em projetos de restauração ecológica, a sua propagação é limitada pela germinação lenta e irregular das espécies que compõem a família (BROSCHAT, 1994). Essa particularidade na germinação das palmeiras tem sido associada tanto à presença de dormência, quanto à capacidade das sementes da família em tolerar à secagem (BASKIN, BASKIN, 2014b; JAGANATHAN, 2021). Sementes florestais têm se tornado cada vez mais objeto de estudo, não apenas pelo uso de muitas espécies com potencial econômico e que se propagam quase exclusivamente por via sexuada, mas também no contexto da conservação genética.

Tendo isso em vista, o presente trabalho teve como objetivo investigar a fisiologia da germinação de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, uma espécie de palmeira nativa da América do Sul (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2011). No segundo capítulo, examinou-se a variação sazonal na germinação da espécie, mais especificamente a variação da dormência e tolerância à dessecação em sementes coletadas em uma área de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, durante o período de um ano. Já o terceiro capítulo, se propôs a classificar a espécie quanto à tolerância à dessecação e capacidade de armazenamento, e a investigar o efeito da secagem e do armazenamento nas sementes e embriões isolados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Caracterização da espécie

*Syagrus romanzoffiana* também conhecida como jerivá, coquinho e palmeira-rainha é uma espécie de palmeira (Arecaceae) endêmica da América do Sul, cuja ocorrência abrange países como o Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUES, 2011; FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; UBLERICH, 2012). No Brasil, o jerivá se estende desde o sul da Bahia até o Rio Grande do Sul, distribuída por diversas formações vegetais como a mata atlântica, as florestas secas e subtropicais, o cerrado e as restingas (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUEZ, 2011; GUIX; RUIZ, 2000).

O jerivá é uma espécie heliófita de estirpe única, que alcança uma altura de 10 a 25 metros (BRANCALION; NOVEMBRE; RODRIGUEZ, 2011). Apresenta frutos carnosos de formato globoso com coloração que varia do amarelo ao alaranjado, contendo normalmente uma semente por fruto (GOUDEL et al, 2013; LORENZI et al., 2004). Produz frutos durante quase todo o ano, entretanto o pico da frutificação se concentra nos meses de março a maio (GENINI; GALETTI; GALETTI; MORELATO, 2009; FREIRE et.al, 2013). O tempo de formação e maturação dos frutos é considerado longo, com um período que varia de 5 a 6 meses entre a abertura floral e o final da maturação dos frutos (GARCIA; BARBEDO, 2016; REGO; LAVORANTI; VIEIRA, 2011).

De modo geral, as sementes de palmeiras são conhecidas por apresentarem uma germinação lenta e irregular (BROSCHAT, 1994), tal comportamento tem sido normalmente associado a presença de mecanismos inibidores da germinação, também denominados de mecanismos de dormência (BASKIN, BASKIN, 2014b; MEEROW, 1991; OROZCO-SEGOVIA, 2003). Embora as sementes de *S. romanzoffiana* também apresentem uma germinação bastante irregular, as sementes dessa espécie vêm sendo classificadas como tolerantes ou parcialmente tolerantes à dessecação (GOUDEL et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

Existem poucos estudos acerca da dormência em sementes de *S. romanzoffiana*. Goudel et al. (2013) apontaram para a possível existência de um mecanismo de bloqueio, após constatarem que diásporos de jerivá germinam melhor ao passarem por tratamentos pré germinativos como perfuração do opérculo e imersão em água. No entanto, estudos mais

recentes apontam para o fato de que diásporos de *S. romanzoffiana*, são dispersos em um estado não dormente, embora a aquisição de dormência secundária ainda seja teorizada como explicação para a redução na porcentagem de germinação em sementes armazenadas (GONZÁLEZ, 2016; OLIVEIRA et al., 2015).

## **2.2 Dormência**

Como citado anteriormente, uma das explicações que tem sido dada à germinação irregular em palmeiras é a presença da dormência (BASKIN, BASKIN, 2014b). A dormência pode ser classificada como uma condição em que todos os fatores essenciais para a germinação são atendidos, contudo a germinação não ocorre devido a algum mecanismo de bloqueio imposto na própria semente (FENNER; THOMPSON, 2005; VILLIERS, 1972). Vale ressaltar que a dormência não é uma característica do ambiente, mas sim da semente, visto que, quando ao menos uma das condições ambientais essenciais para o início da germinação se encontra em falta a semente é descrita como quiescente (MURDOCH; ELLIS, 2000).

Segundo Fenner e Thompson (2005), a função primordial da dormência é prevenir a germinação em ambientes favoráveis ao início da mesma, mas que não sustentariam o estabelecimento e a sobrevivência da plântula. Outra importante função da dormência é de impedir que sementes, que já adquiriram germinabilidade na fase de desenvolvimento, germinem enquanto ainda ligadas à planta-mãe, sendo uma estratégia essencial na dispersão dos propágulos (BEWLEY; DOWNIE, 1996).

Quanto ao momento em que se expressa na semente, a dormência pode ser classificada como primária e secundária. A dormência primária se desenvolve durante a maturação da semente, enquanto a dormência secundária ocorre após a dispersão, se expressando tanto em sementes dispersas sem dormência quanto naquelas em que a dormência primária já foi superada (SILVA; CARVALHO; OLIVEIRA, 2014). A dormência secundária normalmente está associada a ocorrência de estresses ambientais e conseqüentemente no acúmulo de um inibidor da germinação (MURDOCH; ELLIS, 2000). De modo geral a aquisição de dormência secundária está associada à interação entre umidade e temperatura (BATLLA; BENECH-ARNOLD, 2007; DUARTE; GARCIA, 2015), sendo que o efeito desses fatores ambientais varia de acordo com a espécie e a adaptação desta ao ambiente (BASKIN; BASKIN, 1985), de modo que a dormência pode ser induzida tanto em condições de umidade e temperatura elevada

(MURDOCH; ELLIS, 2000; SILVA, 2018) quanto em sementes submetidas à secagem (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000; MARCOS FILHO, 2005).

### **2.3 Dormência em sementes de palmeiras**

Na literatura a dormência dos diásporos de palmeiras é classificada como: dormência física (MOUSSA et al., 1998; NEVES et al., 2013), fisiológica (RIBEIRO et al., 2011; RIBEIRO et al., 2012; NEVES et al., 2013), morfológica, dormência mecânica (FIOR et al., 2011) e algumas combinações desses mecanismos de dormência, como a dormência morfofisiológica e dormência morfológica com mecânica (PÉREZ; CRILEY; BASKIN, 2008).

Determinadas espécies da família das palmeiras são dispersas conjuntamente com um tipo de fruto denominado de drupa, caracterizado pela presença de um endocarpo duro e espesso (JAGANATHAN, 2021; MYINT et al., 2010; NEVES et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011). Tal fato levou a elaboração de teorias sobre a existência de um impedimento físico do endocarpo à absorção de água pelo embrião (dormência física) (CARPENTER; OSTMARK; CORNELL, 1993; MOUSSA et al., 1998). No entanto, alguns estudos têm relatado que a presença do endocarpo não impede a absorção de água ou a troca gasosa entre a semente e o meio externo, o que tem levantado dúvidas sobre a real ocorrência desse tipo de dormência nessa família (NEVES et al., 2013; PÉREZ; CRILEY; BASKIN, 2008; SMALL; ROBERTSON, 1977).

A germinação das palmeiras é frequentemente descrita como o deslocamento do opérculo, resultante do alongamento e da emergência do pecíolo cotiledonar (FIOR et al., 2011; NEVES et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011). Devido à presença do opérculo, estrutura da semente formada por parte do tegumento e do endosperma, muito se teorizou sobre um possível bloqueio ocasionado por tal estrutura, a qual exerceria uma resistência à expansão do embrião (BASKIN; BASKIN, 2014b; DOS SANTOS, 2017; FIOR et al., 2011; RIBEIRO et al., 2011). Embora estudos venham demonstrando que a retirada do opérculo resulte em melhorias no processo germinativo (GOUDEL et al., 2013; MOURA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2015; SOUZA DIAS et al. 2018), a ocorrência da dormência mecânica ainda tem sido bastante discutida, tendo-se em vista que a mesma vem sendo frequentemente categorizada na literatura como uma particularidade da dormência fisiológica (BASKIN; BASKIN, 2014a) que uma vez superada permitiria que o embrião se desenvolvesse com crescimento potencial suficiente para romper a barreira imposta pelas estruturas da semente (BASKIN; BASKIN, 2014b).

Baskin e Baskin (2014a) em um levantamento realizado em publicações de 457 espécies de palmeiras, concluíram que o tipo mais comum de dormência em sementes isoladas de palmeiras seria a dormência morfológica ou a morfofisiológica, sendo essa última a mais comum. Em algumas palmeiras, embora o bloqueio da germinação em semente isoladas seja imposto apenas pela imaturidade do embrião, o papel do endocarpo é destacado pelo acúmulo de inibidores hormonais da germinação, ou seja, espécies onde a semente isolada apresenta dormência morfológica, mas a unidade de dispersão como um todo apresenta um bloqueio morfofisiológico da germinação (BASKIN; BASKIN, 2014b).

#### **2.4 Tolerância à dessecação**

Assim como a dormência favoreceu a evolução de espécies vegetais ao permitir a sincronização da germinação com estações favoráveis ao desenvolvimento das plântulas, outro mecanismo de sobrevivência essencial para essa adaptabilidade das sementes a condições adversas é a tolerância à dessecação (BASKIN; BASKIN 2004; JAGANATHAN, 2021; WILLIS et al. 2014). Esse mecanismo pode ser definido como a capacidade de um organismo em sobreviver à redução do seu grau de umidade em níveis críticos e de retomar o seu desenvolvimento quando condições ideais de umidade são restabelecidas (BEWLEY, 1979; OLIVER; TUBA; MISHLER, 2000), nas plantas é encontrada tanto em sementes como em grãos de pólen e esporos (HOEKSTRA, 2005).

De modo geral, as sementes são categorizadas em três classes, de acordo com a sua tolerância à dessecação e ao armazenamento, são elas: as ortodoxas, as recalcitrantes e as intermediárias (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990).; ROBERTS, 1973). Sementes ortodoxas, passam por um processo de secagem antes da dispersão, sendo dispersas com baixos de níveis de umidade e metabolismo (BEWLEY, BLACK, 2013), o que faz com que sejam tolerantes à dessecação e sobrevivam mesmo com grau de umidade reduzido a níveis consideravelmente baixo (2 a 5%), além disso espécies ortodoxas toleram o armazenamento em temperaturas inferiores a 0°C, sendo capazes de manter a viabilidade das sementes mesmo após longos períodos de armazenamento (ROBERTS, 1973)

Em contraponto às espécies ortodoxas, temos aquelas denominadas como recalcitrantes ou sensíveis à dessecação, que representam em torno de 8 a 10% das plantas produtoras de sementes (JAGANATHAN, 2021). Sementes recalcitrantes são dispersas com elevado grau umidade e intensa atividade metabólica (BASKIN; BASKIN, 2014a), o que as torna sensíveis

a redução de umidade e ao armazenamento a longo e médio prazo (ROBERTS, 1973). Já as sementes intermediárias, representam um balanço entre a tolerância à dessecação e capacidade de armazenamento, isso porque embora tolerem uma considerável redução no conteúdo de água, são extremamente sensíveis ao armazenamento em baixa temperatura (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990).

## **2.5 Tolerância à dessecação em sementes de palmeiras**

Embora haja ainda uma carência de estudos quanto à capacidade de armazenamento e tolerância à dessecação em sementes de palmeiras, o que se deve em parte à grande diversidade de espécies da família (JAGANATHAN, 2021), vários estudos vêm sendo realizados na tentativa de elucidar tais mecanismos. De modo geral a literatura tem classificado as palmeiras como um grupo predominantemente sensível à dessecação (ALMEIDA et al., 2018; MARTINS et al., 2000; WEN, 2009), entretanto muitos outros estudos relatam a ocorrência de algumas espécies com características tolerantes ou parcialmente tolerantes à dessecação, como no caso de *Attalea speciosa* Mart. ex Spreng (OLIVEIRA et al., 2016; SALEH; LUIS; SCHERWINSKI-PEREIRA, 2017) *Euterpe precatoria* Mart, (COSTA et al., 2018), *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick (FIOR; CAMPOS; SCHWARZ, 2020) e *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl. (FELIX et al, 2017).

Sementes de palmeiras apresentam algumas particularidades, um exemplo seria a dispersão das sementes com alto conteúdo de água, mesmo naquelas espécies tolerantes à dessecação (JAGANATHAN, 2021; RIBEIRO et al. 2012; SALEH et al. 2017). Outra particularidade da família é que embriões isolados, de algumas espécies recalcitrantes, são capazes de tolerar à secagem em níveis considerados críticos para a semente completa (DIAS et al., 2015; JACOB et al., 2016; WEN et al., 2012), o que segundo Jaganathan (2021) implica na possibilidade de que a secagem ocasione danos expressivos apenas ao endosperma, o que resulta em baixa germinação uma vez que o embrião não consegue superar a resistência do endocarpo por falta de nutrição adequada.

## **2.6 Desenvolvimento de sementes**

O período de desenvolvimento da semente é definido por três fases distintas, com profundas alterações no peso, metabolismo e conteúdo de água na semente (BEWLEY; BLACK, 2013). O primeiro estágio do desenvolvimento também denominado de

embriogênese, é marcado por intensa divisão celular e diferenciação dos tecidos, durante essa fase ocorre a formação do embrião e um aumento substancial do conteúdo de água da semente e conseqüentemente no peso fresco da mesma (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; CASTRO; HILHORST, 2000).

A segunda fase do desenvolvimento é caracterizada principalmente pela expansão celular e acúmulo de substâncias de reservas (proteínas, lipídeos e carboidratos), onde ocorre um acréscimo no tamanho da semente e o peso seco atinge o seu máximo (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; VERTUCCI; FARRANT, 1995). A germinabilidade da semente se desenvolve ainda nessa fase, sendo adquirida antes do máximo peso seco da semente, em contrapartida ocorre também um pico na concentração de ácido abscísico (ABA), que além de atuar nos processos de desenvolvimento da semente impede que a mesma germine antes do término do desenvolvimento (BAWLEY; BLACK, 2013; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; KERMODE, 2017).

O acúmulo de reservas durante a fase de maturação está intimamente ligado à aquisição da tolerância à dessecação, característica essa que evolui progressivamente de acordo com o desenvolvimento das sementes (BAWLEY; BLACK, 2013). Dentre as principais substâncias que atuam na proteção da semente, podemos citar as proteínas LEA, que se acumulam tanto como resposta aos níveis de ABA, quanto à ocorrência de estresses ambientais. Essas proteínas atuam de modo a manter a conformação das proteínas e a estabilidade das membranas celulares durante a secagem da semente (CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; HUGHES; GALAU, 1991; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993).

Outra substância que, quando acumulada durante o desenvolvimento das sementes, apresenta efeitos na proteção da semente quanto aos efeitos nocivos da secagem, é a sacarose. A sacarose atua promovendo a formação de um estado vítreo no interior da célula, evitando o rompimento da estrutura celular e reduzindo a degradação dos componentes internos das células, ao promover também uma redução na velocidade das reações químicas (BUITINK; HOEKSTRA; LEPRINCE 2002; BUITINK et al, 2000).

A última etapa do desenvolvimento da semente, salvo em espécies recalcitrantes, é o estágio de dessecação, quando ocorre uma expressiva redução no conteúdo de água e no peso fresco (BAWLEY; BLACK, 2013; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004). Em sementes não dormentes, ocorre também uma redução nos níveis de ABA, que acompanha a redução no grau de umidade, a semente entra então em um estado de quiescência e a germinação é limitada



somente pela ausência de água (KERMODE, 2017). Entretanto, em algumas espécies pode-se observar a ocorrência de um segundo pico na concentração de ABA, estando associado a indução e manutenção da dormência primária (BAWLEY; BLACK, 2013).

## **2.7 Efeito do ambiente no desenvolvimento da semente**

As implicações de estresse ambientais durante o desenvolvimento das sementes ainda são pouco conhecidas e em sua maioria voltadas para espécies de interesse agrícola. De modo geral, a ocorrência de condições ambientais estressantes durante o desenvolvimento das sementes, está associada a características como peso, tamanho, vigor, viabilidade e sanidade (BEWLEY; BLACK, 2013; MARCOS FILHO, 2005). As sementes são estruturas caracterizadas pela forte dependência de outras partes da planta como folhas e raízes no fornecimento de matéria para o seu crescimento e desenvolvimento (EGLI, 2017), portanto é natural supor que mudanças no metabolismo da planta mãe afetem diretamente o desenvolvimento e a qualidade da semente.

Segundo Bewley e Black (2013) temperaturas elevadas durante a maturação da semente podem acarretar, em cereais, um desenvolvimento acelerado refletindo em uma redução no peso seco dos grãos, enquanto temperaturas baixas podem promover uma redução no conteúdo de amido do endosperma. Segundo os autores em oleaginosas, o efeito de temperaturas baixas no desenvolvimento é expresso principalmente nas reservas lipídicas da semente. Todos esses efeitos parecem estar ligados principalmente a alterações na capacidade fotossintética das plantas e refletem principalmente no vigor da semente, entretanto alterações ambientais podem ocasionar efeitos a outras características mais particulares da semente como dormência e tolerância à dessecação.

Marcos Filho (2005) aponta que os efeitos do ambiente parental na dormência podem ser expressos tanto no fator presença quanto em grau de inibição. O papel de fatores ambientais como temperatura, luminosidade, disponibilidade hídrica e nutrição do solo, vêm sendo objetos de estudo no processo de indução dos mecanismos de dormência em sementes dos mais variados grupos de plantas (BEWLEY et al., 2012, FENNER; THOMPSON, 2015; HOLDSWORTH; BENTSINK; SOPPE, 2008). Um mesmo fator ambiental pode resultar em respostas distintas de acordo com a espécie e os mecanismos de dormência envolvidos. A deficiência hídrica, por exemplo, tem demonstrado efeitos tanto de acentuar o grau de dormência em sementes com impermeabilidade do tegumento à água, como de atenuar a dormência imposta por fatores hormonais, à medida que influencia no balanço químico entre inibidores e promotores da germinação. (BEWLEY; BLACK, 2013; MARCOS FILHO, 2005).

Quanto ao efeito da temperatura na indução da dormência, alguns estudos têm observado uma elevação nos níveis de ABA em sementes desenvolvidas sobre influência de temperaturas mais baixas, o que conseqüentemente resulta em um aumento na inibição da germinação (BEWLEY et al, 2012, HE, 2014, KENDALL et al., 2011; KENDALL; PENFIELD, 2012). Embora temperaturas altas de modo geral, influenciam positivamente na germinação das sementes e na formação de lotes menos dormentes, em espécies da família Fabaceae tais condições podem vir a favorecer a formação de sementes com tegumento duro, aumentando assim, o grau de dormência em espécies com impermeabilidade do tegumento à água (dormência física) (BEWLEY et al, 2012; MARCOS FILHO, 2005).

Outra característica ambiental que apresenta contribuição na indução e na profundidade da dormência são as variáveis relacionadas à luminosidade, como a quantidade, qualidade e distribuição diária da luz (BEWLEY; BLACK, 2013; BEWLEY et al., 2012). O efeito do fotoperíodo tem sido associado principalmente à espessura do revestimento da semente, de modo que sementes que se desenvolvem em dias longos tendem a apresentar maior grau de dormência física do que aquelas que se desenvolvem em períodos com menor disponibilidade diária de luz (BEWLEY et al., 2012).

O ambiente de maturação também apresenta influência no gradiente de tolerância à dessecação em sementes. Embora a sensibilidade à secagem seja primordialmente controlada por fatores genéticos, alguns estudos vêm demonstrando que variações climáticas, como temperatura e precipitação impostas em diferentes graus sobre a planta mãe afetam o comportamento da semente à secagem à medida que influenciam diretamente a qualidade da maturação das sementes, e conseqüentemente no acúmulo de reservas (DAWS et al. 2004; LAMARCA et al., 2016).

O efeito da temperatura e do déficit hídrico foi observado em um estudo realizado por Pereira et al. (2017), no qual se observou que lotes de *Copaifera langsdorffii* coletadas em ambientes com temperatura e déficit hídrico mais elevados se apresentavam mais tolerantes à secagem da semente. O efeito da temperatura também foi observado por Daws e Pritchard (2008), no qual os autores observaram um aumento na sensibilidade à dessecação em lotes de *Acer pseudoplatanus* coletados em regiões com menor temperatura anual.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. C. P. de et al. Temperature, light, and desiccation tolerance in seed germination of *Mauritia flexuosa* LF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 3, p. 1-7, 2018.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014a.
- BASKIN, J. M., BASKIN, C. C. The annual dormancy cycle in buried weed seeds: a continuum. **BioScience**, London, v. 35, n. 8, p. 92–498, 1985.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. A classification system for seed dormancy. **Seed science research**, Cambridge, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.
- BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. What kind of seed dormancy might palms have?. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 24, n. 1, p. 17-22, 2014b.
- BATLLA, D., BENECH-ARNOLD, R. L. Predicting changes in dormancy level in weed seed soil banks: Implications for weed management. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 189–197, 2007.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2012.
- BEWLEY, J. D. Physiological aspects of desiccation tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 30, n. 1, p. 195-238, 1979.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 2013.
- BEWLEY, J. D.; DOWNIE, B. Is failure of seeds to germinate during development a dormancy-related phenomenon?. In: LANG, G. A. **Plant dormancy: physiology, biochemistry and molecular biology**. Washington: CAB International, 1996.
- BRANCALION, P. H. S. A.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.
- BROSCHAT, T.K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.360, p.141-147, 1994.
- BUITINK, J.; HOEKSTRA, F. A.; LEPRINCE, O. Biochemistry and biophysics of tolerance systems. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. **Desiccation and survival in plants drying without dying**. New York: Cabi, 2002.
- BUITINK, J.; LEPRINCE, O.; HEMMINGA, M. A.; HOEKSTRA, F. A. Molecular mobility in the cytoplasm: an approach to describe and predict lifespan of dry germplasm. **Proceedings of National Academy of Sciences, USA**, v. 97, n. 5, p. 2385-2390, 2000.

- CARPENTER, W. J.; OSTMARK, E. R.; CORNELL, J. A. Embryo cap removal and high-temperature exposure-stimulate rapid germination of needle palm seeds. **HortScience**, v. 28, n. 9, p. 904-907, 1993.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.
- CASTRO, R. D. et al. Dormancy, germination and the cell cycle in developing and imbibing tomato seeds. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12, p. 105-136, 2000.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- COSTA, C. R. X. et al. Effects of temperature, light and seed moisture content on germination of *Euterpe precatoria* palm. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 1, p. 98-106, 2018.
- DAWS, M. I. et al. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. **New Phytologist**, v. 162, n. 1, p. 157-166, 2004.
- DAWS, M. I.; PRITCHARD, H. W. The development and limits of freezing tolerance in *Acer pseudoplatanus* fruits across Europe is dependent on provenance. **CryoLetters**, v. 29, n. 3, p. 189-198, 2008.
- DIAS, D. S. et al. Tolerance of desiccation and cryopreservation of *Butia capitata* palm seeds. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 90-100, 2015.
- DOS SANTOS, H. C. M. **Morfoanatomia e ultraestrutura de sementes e plântulas de palmeiras do cerrado**. 2017. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- DUARTE, D. M.; GARCIA, Q. S. Interactions between substrate temperature and humidity in signalling cyclical dormancy in seeds of two perennial tropical species. **Seed Science Research**, v. 25, n. 2, p. 170-178, 2015.
- EGLI, D. B. **Seed biology and yield of grain crops**. New York: CABI, 2017.
- 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. 9, p. 1167-1174, 1990.
- FALASCA, S. L.; DEL FRESNO, C. M.; ULBERICH, A. Possibilities for growing queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) in Argentina as a biodiesel producer under semi-arid climate conditions. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 19, p. 14843-14848, 2012.
- FARRANT, J. M. Mechanisms of desiccation tolerance in angiosperm resurrection plants. **Plant desiccation tolerance**, v. 151, p. 51-90, 2007.
- FELIX, F. C. et al. Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

FIOR, C. S. et al. Superação de dormência em sementes de *Butia capitata*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1150-1153, 2011.

FIOR, C. S.; CAMPOS, S. S. de; SCHWARZ, S. F. Tolerância à dessecação e armazenamento em temperatura sub-zero de sementes de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick. **Iheringia. Série Botânica**. Porto Alegre, v. 75, 2020.

FREIRE, C. C. et al. Reproductive phenology, seed dispersal and seed predation in *Syagrus romanzoffiana* in a highly fragmented landscape. **Annales Botanici Fennici**, p. 220-228, 2013.

GARCIA, V. A.; BARBEDO, C. J. Estudo fenológico de *Bactris gasipaes* Kunth, *Euterpe edulis* Mart. e *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman no Vale do Ribeira, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 43, p. 135-149, 2016.

GENINI, J.; GALETTI, M.; MORELLATO, L. P. C. Fruiting phenology of palms and trees in an Atlantic rainforest land-bridge island. **Flora-morphology, distribution, functional ecology of plants**, v. 204, n. 2, p. 131-145, 2009.

GIOMBINI, M. I.; BRAVO, S. P.; MARTINEZ, M. F. Seed dispersal of the palm *Syagrus romanzoffiana* by tapirs in the semi-deciduous Atlantic forest of Argentina. **Biotropica**, v. 41, n. 4, p. 408-413, 2009.

GONZÁLEZ, M. N. **Efectividad de tratamientos de pre-germinación en la propagación de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm.** 2016. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Lomas de Zamora, 2016.

GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 147-154, 2013.

GUIX, J. C.; RUIZ, X. Plant-disperser-pest evolutionary triads: how widespread are they?. **Orsis: organismes i sistemes**, p. 121-126, 2000.

HE, H. **Environmental regulation of seed performance**. 2014. Tese (Doutorado) - Wageningen University: Wageningen, 2014

HOEKSTRA, F. A. Differential longevities in desiccated anhydrobiotic plant systems. **Integrative and Comparative Biology**, v. 45, n. 5, p. 725-733, 2005.

HOLDSWORTH, M. J.; BENTSINK, L.; SOPPE, W. J. J. Molecular networks regulating Arabidopsis seed maturation, after-ripening, dormancy and germination. **New Phytologist**, v. 179, n. 1, p. 33-54, 2008.

HONG, T. D.; LININGTON, S.; ELLIS, R. H. Seed storage behaviour: a compendium. Handbooks for Genebanks No. 4. Intl. **Plant Genetic Resources Inst.**, Rome, Italy, 1997.

HUGHES, D. W.; GALAU, G. A. Developmental and environmental induction of Lea and LeaA mRNAs and the postabscission program during embryo culture. **The Plant Cell**, v. 3, n. 6, p. 605-618, 1991.

- JACOB, J. et al. Effect of cryopreservation on germination of seeds and zygotic embryos of *Calamus shendurunii*, an endemic rattan of Western Ghats. **Journal of Plantation Crops**, v. 44, n. 3, p. 174-179, 2016.
- JAGANATHAN, G. K. Ecological insights into the coexistence of dormancy and desiccation-sensitivity in Arecaceae species. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 1, p. 1-14, 2021.
- KENDALL, S. L. et al. Induction of dormancy in Arabidopsis summer annuals requires parallel regulation of DOG1 and hormone metabolism by low temperature and CBF transcription factors. **The Plant Cell**, v. 23, n. 7, p. 2568-2580, 2011.
- KENDALL, S. L.; PENFIELD, S. Maternal and zygotic temperature signalling in the control of seed dormancy and germination. **Seed Science Research**, v. 22, n. S1, p. 23-29, 2012.
- KERMODE, A. R. Regulatory mechanisms in the transition from seed development to germination: interactions between the embryo and the seed environment. In: KIGEL, J. **Seed development and germination**. Abingdon: Routledge, 2017.
- LAMARCA, E. V. et al. Variações da tolerância à dessecação em sementes de *Eugenia pyriformis*: dispersão em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 118-126, 2016.
- LEPRINCE, O. et al. Oleosins prevent oil-body coalescence during seed imbibition as suggested by a low-temperature scanning electron microscope study of desiccation-tolerant and-sensitive oilseeds. **Planta**, v. 204, n. 1, p. 109-119, 1997.
- LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, v. 3, n. 4, p. 231-246, 1993.
- LIMA, E. D. P. de A. al. Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 338-343, 2002.
- LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2004.
- MARCOS FILHO, J. **Dormência de sementes. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.
- MARTINS, C. C. et al. Desiccation tolerance of four seedlots from *Euterpe edulis* Mart. **Seed Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 101-113, 2000.
- MEEROW, A. W. Palm seed germination. **Cooperative Extension Service**, Florida 1991.
- MOREIRA, M. A. C. et al. Characterization of *Syagrus romanzoffiana* oil aiming at biodiesel production. **Industrial Crops and Products**, Philadelphia, v. 48, p. 57-60, 2013.
- MOURA, A. C. F. et al. Cytological and histochemical evaluations reveal roles of the cotyledonary petiole in the germination and seedling development of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). **Protoplasma**, v. 256, n. 5, p. 1299-1316, 2019.

- MOUSSA, H. et al. Factors affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semi-arid zone of Niger, West Africa. **Forest Ecology and Management**, v. 104, n. 1-3, p. 27-41, 1998.
- MURDOCH, A. J. et al. Dormancy, viability and longevity. In: FENNER, M. **Seeds: the ecology of regeneration in plant communities**, New York: Cabi, 2000.
- MYINT, T.; CHANPRASERT, W.; SRIKUL, S. Germination of seed of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) as affected by different mechanical scarification methods. **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 3, p. 635-645, 2010.
- NEVES, S. C. et al. Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 208, n. 1, p. 68-78, 2013.
- OLIVEIRA, R. A. D. de et al. Storage, oil quality and cryopreservation of babassu palm seeds. **Industrial Crops and Products**, v. 91, p. 332-339, 2016.
- OLIVEIRA, T. G. S. et al. Seed germination of queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) is affected by storage and fruit ripening stage. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 399-408, 2015.
- OLIVER, M. J.; TUBA, Z.; MISHLER, B. D. The evolution of vegetative desiccation tolerance in land plants. **Plant Ecology**, v. 151, n. 1, p. 85-100, 2000.
- OROZCO-SEGOVIA, A. et al. Seed biology of palms: a review. **Palms**, v.47, n. 2, p. 79-94, 2003.
- PEREIRA, W. V. S. et al. Is the loss of desiccation tolerance in orthodox seeds affected by provenance?. **South African Journal of Botany**, v. 112, p. 296-302, 2017.
- PÉREZ, H. E.; CRILEY, R. A.; BASKIN, C. C. Promoting germination in dormant seeds of *Pritchardia remota* (Kuntze) Beck., an endangered palm endemic to Hawaii. **Natural Areas Journal**, v. 28, n. 3, p. 251-260, 2008.
- REGO, G. M., LAVORANTI, O. J.; VIEIRA, E. S. N. 2011. Fenologia reprodutiva: período de produção de sementes de jerivá. **Informativo ABRATES**, v. 21, n. 2, p. 131, 2011.
- RIBEIRO, L. M. et al. Interaction between embryo and adjacent tissues determines the dormancy in macaw palm seeds. **Seed Science and Technology**, v. 41, n. 3, p. 345-356, 2013.
- RIBEIRO, L. M. et al. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.
- RIBEIRO, L. M. et al. The behaviour of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seeds during storage. **Seed Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 344-353, 2012.
- ROBERTO, G. G.; HABERMANN, G. Morphological and physiological responses of the recalcitrant *Euterpe edulis* seeds to light, temperature and gibberellins. **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 2, p. 367-378, 2010.

- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.4, p.499-514, 1973.
- SALEH, E. O. L.; LUIS, Z. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Determination of physiological and environmental conditions for the storage of babassu palm seeds (*Attalea speciosa*). **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 139-150, 2017.
- SCARIOT, A. O. Palmeiras brasileiras: botânica, ecologia, usos e conservação. LOPES R. **Palmeiras nativas do Brasil**. Embrapa, Brasília, 2015.
- SILVA, B. M. R. **Dormência cíclica e parâmetros térmicos para a germinação de sementes de Eriocaulaceae**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- SILVA, E. A. A.; CARVALHO, L. R. de; OLIVEIRA, L. M. Sementes florestais. In: DAVIDE, A.C.; BOTELHO, S.A. **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: Editora UFLA, 2015.
- SMALL, J. G. C.; ROBERTSON, B. L. Germination of *Jubaeopsis caffra* seeds. **Principes**, v. 21, n. 3, p. 114-112, 1977.
- SOUZA DIAS, D. et al. Haustorium–endosperm relationships and the integration between developmental pathways during reserve mobilization in *Butia capitata* (Arecaceae) seeds. **Annals of botany**, v. 122, n. 2, p. 267-277, 2018.
- VERTUCCI, C. W.; FARRANT, J. M. Acquisition and loss of desiccation tolerance. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed development and germination**. New York: M. Dekker, 1995.
- VILLIERS, T. A. Seed Dormancy. In: KOSLOWSKI, T. T. **Seed Biology**. New York, Academy Press, 1972.
- WEN, B. et al. Cytological and physiological changes in recalcitrant Chinese fan palm (*Livistona chinensis*) embryos during cryopreservation. **Protoplasma**, v. 249, n. 2, p. 323-335, 2012.
- WEN, B. Storage of recalcitrant seeds: a case study of the Chinese fan palm, *Livistona chinensis*. **Seed Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 167-179, 2009.
- WILLIS, C. G. et al. The evolution of seed dormancy: environmental cues, evolutionary hubs, and diversification of the seed plants. **New Phytologist**, v. 203, n. 1, p. 300-309, 2014.
- ZAMBRANA, N. Y. P. et al. Diversity of palm uses in the western Amazon. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 10, p. 2771-2787, 2007.



## **CAPÍTULO 2 - EFEITO DA VARIAÇÃO CLIMÁTICA NA FISIOLOGIA DA GERMINAÇÃO DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.**

### **RESUMO**

As condições climáticas impostas sobre a planta durante o desenvolvimento das sementes afetam a ação de dois mecanismos inerentes ao processo germinativo, sendo eles a dormência e a tolerância à dessecação. Assim, neste capítulo buscou-se identificar o efeito da variação climática e da secagem na germinação da palmeira Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*). Para tanto, foram coletadas sementes em seis períodos distintos na região de Lavras-MG, as quais foram utilizadas no teste de germinação compondo dois tratamentos, um com o conteúdo de umidade inicial e outro com a semente seca a 5%. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2 - seis períodos de coleta e dois níveis de umidade da semente. Os resultados então foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). O efeito do ambiente foi avaliado através de uma matriz de correlação entre as variáveis fisiológicas e os dados climáticos, nos períodos de 30 e 60 dias anteriores à data de coleta dos lotes. Concluiu-se, assim, que a germinação da espécie apresenta variação sazonal, em que o percentual de germinação e o grau de dormência se encontram correlacionadas às condições de temperatura e precipitação.

**Palavras-Chave:** Jerivá. Dormência. Variação Sazonal. Tolerância à dessecação.

### **ABSTRACT**

The climatic conditions imposed on the plant during seed development affect the action of two mechanisms inherent to the germination process, these being dormancy and desiccation tolerance. Thus, this chapter sought to identify the effect of climatic variation and drying on the germination of the Jerivá palm (*Syagrus romanzoffiana*). For this purpose, seeds were collected in six different periods in the region of Lavras-MG, which were used in the germination test, comprising two treatments, one with initial moisture content and the other with 5% dry seed. The experiment was carried out in a completely randomized design in a 6 x 2 factorial scheme - six collection periods and two seed moisture levels. The results were then submitted to analysis of variance and means were compared by the Scott-Knott test ( $p < 0.05$ ). The effect of the environment was evaluated through a correlation matrix between physiological variables and climatic data, in the periods of 30 and 60 days prior to the date of collection of the lots. Thus, it was concluded that the germination of the species presents seasonal variation, in which the percentage of germination and the degree of dormancy are correlated to the conditions of temperature and precipitation.

**Keywords:** Jerivá. Dormancy. Seasonal variation. Desiccation tolerance.

## 1 INTRODUÇÃO

*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, popularmente conhecida como jerivá, jarivá, coquinho, é uma palmeira (Arecaceae) de estipe solitário, com ampla distribuição pelo território brasileiro, com ocorrência na Argentina, Uruguai, Paraguai e Bolívia (BRANCALION; NOVENBRE; RODRIGUES, 2011; GUIX; RUIZ; FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; ULBERICH, 2012). A espécie é bastante usada em projetos de paisagismo urbano (LORENZI et al, 2004) e tem sido objeto de interesse econômico pelo seu potencial de uso para a produção de biocombustíveis devido ao alto teor de lipídeos presente no seu fruto (FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; ULBERICH, 2012; MOREIRA et al. 2013). Possui uma frutificação distribuída ao longo de todo o ano (FREIRE et.al, 2013), além de ser adaptada aos mais diferentes ambientes de crescimento (SANTOS; SALOMÃO, 2017), características essas que tornam o jerivá uma espécie com enorme potencial para uso em projetos de restauração ecológica.

A propagação da espécie se dá por via sexuada, e assim como as palmeiras no geral, possui uma germinação lenta e irregular (BROSCHAT, 1994; GOUDEL et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015). A germinação das sementes de Arecaceae é caracterizada geralmente por dois fatores, a presença de dormência e a sensibilidade à dessecação (ALMEIDA et al., 2018; BASKIN, BASKIN, 2014; BROSCHAT, 1994).

A dormência atua como um mecanismo de inibição da germinação, prevenindo que a mesma ocorra em ambientes que não sustentam o desenvolvimento da plântula (FENNER; THOMPSON, 2005). Por ser uma estratégia de sobrevivência às variações climáticas, a presença de dormência assim como o grau de inibição está sujeita a variações sazonais dentro de uma mesma população (MARCOS FILHO, 2005). Nas palmeiras, segundo Baskin e Baskin (2014), os tipos mais comuns de dormência são os morfológicos e os morfofisiológicos. O primeiro tipo é caracterizado pela presença de um embrião subdesenvolvido, enquanto o segundo apresenta também um balanço hormonal desfavorável à germinação (FENNER; THOMPSON, 2005).

Outra característica presente nas sementes, que também possui relação com as condições climáticas, é a capacidade da semente de tolerar a secagem (DAWS et al. 2004; LAMARCA et al., 2016). Isso porque a tolerância à dessecação está intimamente ligada à qualidade da maturação das sementes, além de ser uma estratégia adaptativa para a sobrevivência das

mesmas em ambientes desfavoráveis (BASKIN; BASKIN, 2004; JAGANATHAN, 2021). As palmeiras, de modo geral, são classificadas como sensíveis à dessecação (ALMEIDA et al., 2018; MARTINS et al., 2000; WEN, 2009;), entretanto as espécies do gênero *Syagrus*, vêm sendo classificadas como ortodoxas, ou seja, toleram tanto a secagem quanto o armazenamento em temperaturas abaixo de zero a longo prazo (GOUDEL et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; PRITCHARD et al., 2004)

Entender o comportamento fisiológico das espécies em diferentes condições climáticas tem se tornado fundamental, frente ao cenário futuro de mudanças no clima global. Estudos projetam um aumento na temperatura global e uma redução nos níveis de precipitação, decorrentes do crescente nível de gases do efeito estufa na atmosfera (IPCC, 2014), tais alterações afetam de modo significativo todas as fases de desenvolvimento vegetal, incluso a germinação e a dispersão das espécies (MARAGHNI et al., 2010).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi entender o comportamento fisiológico da germinação de sementes de *S. romanzoffiana*, frente à variação anual do clima, buscando responder aos seguintes questionamentos: (1) Sementes de *S. romanzoffiana*, apresenta algum grau de inibição da germinação? (2) A dormência e a tolerância à dessecação, nas espécies apresenta variação sazonal? (3) As condições climáticas durante o desenvolvimento das sementes apresentam alguma relação com a sazonalidade na germinação da espécie?

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Coleta e beneficiamento**

A coleta dos frutos de *Syagrus romanzoffiana* foi realizada no município de Lavras – MG em meados de 2015 a 2016, conforme a disponibilidade de frutos maduros nas matrizes. Tal região se encontra em uma área de transição entre os biomas: Mata Atlântica (Floresta estacional Semidecidual) e Cerrado. O clima da região é do tipo Cwa, segundo classificação de Köppen (tropical de altitude), com pluviosidade média anual de 1511 mm, em que 80% dessa ocorre nos meses de outubro a março. A temperatura média da região varia de 16,0 °C em junho a 21,9 °C em fevereiro, com média anual de 19,5 °C (JUNQUEIRA JÚNIOR, 2019).

Ao todo, foram realizadas quatro coletas mensais no ano de 2015 (entre agosto e novembro) e duas coletas em 2016 (entre os meses de fevereiro e março). Após a coleta, os frutos foram enviados para o viveiro florestal da Universidade Federal de Lavras para beneficiamento, que

consistiu em uma fermentação inicial em saco plástico por dois dias, seguido da fricção em peneiras e lavagem em água corrente. No final desse processo, obteve-se o pirênio (endocarpo + semente) que, neste trabalho, será considerado como semente, uma vez que se caracteriza como unidade de dispersão natural de *S. romanzoffiana*.

## 2.2 Secagem e teste de germinação

Após o beneficiamento, foi realizada a retirada das sementes (amêndoa) do pirênio para determinação do conteúdo de água em estufa ( $103 \pm 2^\circ\text{C}/24\text{horas}$ ) (BRASIL, 2009). As sementes beneficiadas foram submetidas à secagem em ambiente controlado, com 50% de umidade relativa do ar e temperatura de  $20^\circ\text{C}$ , por aproximadamente 30 dias, até alcançar o equilíbrio higroscópico do pirênio. Após a secagem foi realizada nova determinação do conteúdo de água das sementes.

No teste de germinação foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes, dispostas sobre bandejas de plástico com areia esterilizada (sobre areia), em germinador Mangelsdorf a  $30^\circ\text{C}$  com luz constante. A contagem da germinação ocorreu diariamente até um período de 90 dias. Como critério para germinação, foi utilizado a emergência das plântulas, obtendo-se ao final do teste as seguintes variáveis: percentual de germinação (%G), índice de velocidade de germinação (IVG) e tempo médio de germinação (TMG).

Ao final do teste de germinação, as sementes que não germinaram foram isoladas do endocarpo utilizando uma morsa de bancada e os embriões foram excisados para averiguação da viabilidade pelo teste de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio) a 0,5% por 24 horas em temperatura constante de  $30^\circ\text{C}$ , conforme metodologia proposta por Ribeiro et al. (2010), para *Acrocomia aculeata*. Ao final do teste de tetrazólio obteve-se o percentual de sementes viáveis não germinadas (nG).

Com o intuito de avaliar a tolerância à dessecação nos lotes coletados, foi calculado também o percentual de redução da germinação após secagem ( $\Delta G$ ). A variação na germinação foi obtida pela seguinte fórmula:

$$\Delta G = \frac{(1-G_s)}{G_u} \times 100$$

Onde:  $G_s$  germinação da semente seca e  $G_u$  germinação da semente úmida

### 2.3 Análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial com dois fatores sendo primeiro fator o teor de umidade das sementes (semente fresca e semente seca) e o segundo fator os diferentes meses de coleta (ago. set., out., nov., fev., mar.). Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5%, e quando constata ausência de distribuição normal foram transformados em arco seno de  $(x/100) - 0,5$  (dados percentuais). Os dados então foram avaliados por meio de uma análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

De modo a avaliar a influência do ambiente materno, durante o período de maturação da semente, na variação da dormência/germinação, foram coletados dados climáticos diários da estação meteorológica da Universidade Federal de Lavras, através do banco de dados meteorológicos do INMET (INMET, 2021), para a cidade de Lavras. Para análise foram utilizadas as médias da umidade relativa (%), temperatura máxima, média e mínima (°C), amplitude térmica mensal (°C); precipitação acumulada (mm); e insolação diária (h), nos períodos de 30 e 60 dias anteriores à data da coleta dos frutos. Para averiguar a correlação dos dados climáticos com as variáveis obtidas nos testes de germinação utilizou-se uma matriz de correlação de Pearson, com p-valor de 5%. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico R.

## 3 RESULTADOS

Os resultados da análise de variância (ANOVA) mostram que houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre os tratamentos, somente para as variáveis germinação e índice de velocidade de germinação (TABELAS 1 e 2). O efeito da secagem foi observado somente para os meses de agosto, setembro e outubro, tanto para o percentual de germinação, quanto para o índice de velocidade de germinação. Analisando-se as sementes frescas (sem secagem), o mês de setembro apresentou os maiores valores para germinação e índice de velocidade de germinação, seguido dos meses de agosto e outubro. Já para o tratamento com a semente seca, os maiores valores de germinação foram observados nos lotes coletados nos meses de setembro e março, já quanto ao índice de velocidade de germinação somente foi constatada diferença significativa no mês de setembro.

**TABELA 1** – Valores médios do percentual de germinação e percentual de sementes viáveis não germinadas.

Mês de Coleta	G (%)		nG (%)		
	Fresca	Seca	Fresca	Seca	Média
Agosto	50Ab	20Bb	33	67	50c
Setembro	65Aa	47Ba	30	47	38c
Outubro	44Ab	17Bb	34	43	38c
Novembro	25Ac	18Ab	58	67	62b
Fevereiro	28Ac	24Ab	72	76	74a
Março	38Ac	40Aa	58	52	55b
Média			47B	59A	

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. Onde: G= Percentual de sementes germinadas; e nG = percentual de sementes viáveis não germinadas.

Para o parâmetro percentual de sementes viáveis não germinadas (nG) não foi constatada interação significativa entre os fatores (TABELA 1). Os lotes coletados em fevereiro apresentaram o maior percentual de sementes viáveis não germinadas, seguido pelas coletas de março e novembro (sem diferença significativa entre si). Com relação a esse parâmetro observou-se efeito da secagem sendo os maiores valores de nG encontrados no tratamento com a semente seca.

**TABELA 2** – Valores médios do tempo médio de germinação, e índice de velocidade de germinação.

Mês de Coleta	TMG (dias)			IVG	
	Fresca	Seca	Média	Fresca	Seca
Agosto	57	48	53b	0,93Ab	0,32Bb
Setembro	45	41	43b	1,60Aa	1,32Ba
Outubro	56	55	56b	0,85Ab	0,34Bb
Novembro	60	46	53b	0,46Ac	0,45Ab
Fevereiro	66	66	66a	0,46Ac	0,43Ab
Março	62	61	62a	0,67Ac	0,67Ab
Média	57.6A	53A			

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. Onde: TMG=Tempo Médio de Germinação; IVG=Índice de velocidade de germinação.

Para as variáveis TMG, não houve interação significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) (TABELA 2). Não foi constatado efeito da secagem na variável tempo médio de germinação, já no tratamento com as coletas em diferentes meses os maiores valores observados foram observados nas coletas de fevereiro e março, com as demais coletas apresentando valores estatisticamente semelhante, a 5%, segundo o teste de Scott-Knott.

A variável percentual de germinação, dentro do tratamento com a semente fresca, apresentou correlação negativa com as variáveis temperatura média e temperatura mínima aos 30 e 60 dias anteriores à coleta, indicando um papel importante da temperatura durante o desenvolvimento da semente, no percentual germinativo dos lotes testados. Com relação ao percentual de sementes não germinadas observou-se o efeito tanto da temperatura quanto da precipitação, onde a correlação foi positiva com as variáveis precipitação acumulada (30 e 60 dias), temperatura mínima (30 e 60 dias), temperatura média (60 dias) e correlação negativa com a amplitude térmica no período de 30 dias. O que leva a crer que sementes que se desenvolvem em períodos com baixa temperatura e baixa disponibilidade hídrica tendem a apresentar menor grau de dormência. As variáveis obtidas no tratamento com a secagem não apresentaram correlação com nenhuma variável climática, assim como o tempo médio de germinação e índice de velocidade de germinação da semente fresca (TABELA 3)

**TABELA 3** – Matriz de correlação entre as variáveis climáticas e as variáveis fisiológicas obtidas pelo teste de germinação.

Variáveis	Semente Fresca				Semente Seca				$\Delta G$	
	G	nG	TMG	IVG	G	nG	TMG	IVG		
-30 dias	P	-0,57	<b>0,87*</b>	0,56	-0,48	0,12	0,47	0,29	0	-0,72
	T. méd	<b>-0,83*</b>	0,76	0,63	-0,74	-0,2	0,15	0,01	-0,27	-0,6
	T. max	-0,79	0,63	0,52	-0,69	-0,26	0,09	-0,16	-0,27	-0,49
	T. mín	<b>-0,82*</b>	<b>0,85*</b>	0,69	-0,74	-0,09	0,21	0,12	-0,22	-0,72
	$\Delta T$	0,63	<b>-0,89*</b>	-0,7	0,6	-0,14	-0,31	-0,42	0,11	0,81
-60 dias	P	-0,57	<b>0,85*</b>	0,69	-0,56	0,18	0,27	0,48	-0,1	-0,8
	T. méd	<b>-0,85*</b>	<b>0,87*</b>	0,7	-0,76	-0,12	0,27	0,1	-0,24	-0,71
	T. max	-0,8	0,77	0,56	-0,68	-0,15	0,2	-0,1	-0,17	-0,64
	T. mín	<b>-0,83*</b>	<b>0,92*</b>	0,79	-0,78	-0,06	0,34	0,29	-0,26	-0,77
	$\Delta T$	0,5	-0,73	-0,78	0,58	-0,1	-0,41	-0,77	0,29	0,61

Onde, P = Precipitação acumulada (mm), T méd = Temperatura Média (°C); T máx = Temperatura Máxima (°C); T mín = Temperatura Mínima (°C);  $\Delta T$  = Amplitude térmica (°C); G = percentual de germinação (%); nG = percentual de sementes não germinadas (%); TMG = Tempo Médio de Germinação (Dias); IVG = Índice de Velocidade de Germinação;  $\Delta G$  = percentual de redução de germinação quando submetida à secagem. Valores seguidos de \* apresentam p-valor significativo a 5 %.

#### 4 DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos foi possível observar que há uma variação significativa da germinação de sementes de *S. romanzoffiana* ao longo do ano, o que de certo modo já era

esperado, uma vez que a frutificação da espécie ao longo de todo o ano expõe os frutos em desenvolvimento à variação sazonal climática.

Os lotes coletados no inverno apresentaram características fisiológicas superiores com relação àqueles dispersos durante o verão, expressas tanto pelo percentual de germinação quanto no vigor da semente (IVG). A germinação das sementes de *S. romanzoffiana* mostrou-se lenta e irregular, o que condiz com o comportamento esperado para as sementes de *Arecaceae* (BROSCHAT, 1994). O tempo médio de germinação variou entre 41 e 66 dias, sendo possível identificar também, uma variação anual dessa característica, onde a germinação dos lotes coletados no verão foi mais lenta quando comparada aos coletados no inverno.

Como o processo de germinação da espécie é bastante longo, podendo chegar até a 2 meses, sementes dispersas no final do período seco possuem maior probabilidade de encerrar a germinação no início ou durante a estação chuvosa, quando as condições climáticas são mais favoráveis ao estabelecimento da plântula. Essa conclusão é reforçada quando se avalia a correlação das variáveis climáticas no desenvolvimento da semente para com a germinação, uma vez que lotes que se desenvolveram em períodos mais frios apresentaram um maior percentual de plântulas germinadas. A influência do efeito parental nas variáveis fisiológicas foi identificada somente para o percentual de germinação e na dormência da espécie, no entanto estudos mais extensos devem ser realizados para elucidar se as variáveis climáticas não possuem correlação com os outros atributos aqui estudados, uma vez que avaliamos a sazonalidade climática dentro de um único ano.

Os resultados aqui encontrados indicam a presença de dormência primária na semente de *S. romanzoffiana*, com maior grau nos lotes coletados no período de maior disponibilidade hídrica. A presença de dormência na espécie foi atestada aqui, uma vez que, em todos os lotes de sementes testados foi encontrado, ao final dos 90 dias, um grande percentual de sementes viáveis não germinadas. Esses resultados vão de encontro àqueles encontrados por Oliveira et al. (2015), onde os autores não observaram a ocorrência de sementes duras ao final do período do teste de germinação.

Observa-se que o grau de dormência na espécie está sujeito a variações sazonais, chegando a valores de até 72% de sementes viáveis que não germinaram ao final do teste. Essa variação pode ser explicada pelas condições climáticas impostas à planta mãe no período de desenvolvimento da semente, uma vez que a dormência esteve positivamente correlacionada com as variáveis temperatura e precipitação. Isso implica que sementes que se desenvolvem em



períodos, com maior precipitação e disponibilidade térmica (primavera/verão), só irão encerrar o processo de germinação durante a estação seca, onde as condições ambientais são desfavoráveis ao estabelecimento da plântula, o que evidencia o papel ecológico da dormência. Essa variação no grau de inibição da germinação ao longo do ano, pode explicar a conclusão de outros estudos de que a espécie não apresenta dormência primária, é possível também que não só as condições climáticas possuam papel nessa variação, quanto também a localidade de origem das matrizes.

A dormência em palmeiras têm sido objeto de grande discussão na literatura, com estudos indicando a presença dos mais variáveis tipos de dormência na espécie. Uma das hipóteses que tem sido bastante discutida é a possibilidade da existência de dormência mecânica em sementes de palmeiras, ocasionada pela resistência dos tecidos da própria semente à expansão do embrião (PÉREZ; CRILEY; BASKIN, 2008). As sementes de *S. romanzoffiana*, assim como muitas espécies da família Arecaceae, apresentaram uma estrutura denominada como opérculo (FIGURA 1), localizada adjacente ao poro germinativo é formada por tecidos oriundos tanto do endosperma quanto do tegumento, estrutura a qual é deslocada no momento da expansão do embrião (CARVALHO et al., 2015; MAZZOTTINI-DOS-SANTOS et al., 2014; 2018; NEVES et al., 2013; RIBEIRO et al., 2011). Estudos têm relatado que a retirada do opérculo na espécie, resulta em melhorias no processo germinativo (GOUDEL et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015), comportamento observado também em *Mauritia flexuosa* L.f. (MOURA et al., 2019), *Butia capitata* (Mart.) Becc. (CARVALHO et al., 2015; SOUZA DIAS et al. 2018), *Acrocomia aculeata* (Lacq) Lood. ex Mart (CARVALHO et al., 2015; RODRIGUES JUNIOR et al., 2013), *Attalea vitrivir* Zona (CARVALHO et al., 2015).

FIGURA 1 - Sementes de *S. romanzoffiana* inteira e com corte transversal.



Fonte: Do autor. En = Endosperma; Em = Embrião; Op = Opérculo.

Segundo Baskin e Baskin (2014), ocorre uma predominância das espécies de palmeiras da dormência do tipo morfofisiológica, ressaltada pela discrepante proporção no tamanho do embrião quando comparado à semente em si. Estudos recentes têm sugerido que a combinação do tamanho do embrião com a presença de inibidores hormonais da germinação, resultaria em uma dificuldade do embrião em superar a resistência mecânica proporcionada pelo opérculo (CARVALHO et al., 2015; DIAS et al., 2017; MAGALHÃES et al., 2013; MAZZOTTINI-DOS-SANTOS et al., 2018; RIBEIRO et al., 2011; SCHLINDWEIN et al., 2019), o que coloca a resistência mecânica dos tecidos seminiais à expansão do embrião como uma particularidade da dormência morfológica e não como uma categoria de dormência particular (BASKIN; BASKIN, 2014).

Variações ambientais impostas sobre a planta durante o desenvolvimento das sementes estão intimamente associadas ao desempenho das sementes na germinação e no estabelecimento da espécie (BEWLEY; BLACK, 2013). Uma das características que influencia diretamente nessa performance é a mobilização de reservas tanto no embrião quanto no endosperma (BEWLEY et al., 2012), uma vez que a fotossíntese só irá ser efetivamente ativa após o estabelecimento da plântula.

Uma das hipóteses levantadas neste trabalho para justificar a variação na dormência encontrada em *S. romanzoffiana*, é de que as variações sazonais vivenciadas durante o desenvolvimento das diferentes florações da espécie, resultem em alterações na estrutura do endosperma micropilar, resultando em diferentes níveis de resistência ao deslocamento no opérculo. O papel do endosperma micropilar na inibição da germinação foi relatado para algumas espécies de palmeiras como *Phoenix dactylifera* L. (GONG et al., 2005), bem como

para *Mauritia flexuosa* (SILVA et al., 2014), *Attalea vitrivir* (NEVES et al., 2013) e *Butia capitata* (OLIVEIRA et al., 2013).

Muitos estudos têm indicado presença de dormência fisiológica não profunda nas palmeiras, em que apenas a excisão dos embriões já é suficiente para promover o desenvolvimento de uma plântula normal. O que explicaria a ausência de dormência em embriões de *S. romanzoffiana*, cultivados in vitro, resultados encontrados por Oliveira et al. (2015). É possível que *S. romanzoffiana*, apresenta dormência fisiológica pouco profunda, sujeita à variações nos níveis de ABA decorrente da sazonalidade das condições ambientais impostas no desenvolvimento das sementes, fato que, aliado à resistência fornecida pelo opérculo, possa ter ocasionado a classificação da espécie como não dormente, como relatado por Brancalion, Novembre e Rodriguez (2011) e Oliveira et al. (2015).

A variação dentro de uma mesma espécie em tolerar a secagem tem sido observada frequentemente na literatura, e normalmente está associada a variáveis climáticas que por sua vez afetam a maturação e a qualidade fisiológica da semente (BERJAK; PAMMENTER, 2007; DAWS et al. 2004; LAMARCA et al, 2016). O efeito da secagem em sementes de *S. romanzoffiana* foi observado tanto no percentual de plântulas germinadas quanto no vigor da semente (IVG), porém tal comportamento foi observado somente nos lotes que desenvolveram em períodos com maior déficit hídrico e menor temperatura. Entretanto nenhuma correlação entre as variáveis climáticas com a redução no percentual germinativo foi observada. Com relação ao tempo médio de germinação (TMG) não foi constatado efeito da secagem.

Considerando que a espécie tem sido classificada como tolerante à dessecação (OLIVEIRA et al., 2015; GOUDEL et al., 2013), pouco leva a crer que essa redução nas variáveis fisiológicas tenha sido decorrente de uma maior sensibilidade à dessecação. As sementes coletadas apresentaram um teor de umidade médio de 29,1% ( $\pm 7\%$ ), na literatura é possível encontrar valores de umidade para a espécie variando entre valores de 9% até 32,5% (BRANCALION, NOVEMBRE, RODRIGUES, 2011; GOUDEL et al, 2013; OLIVEIRA, et al. 2015). No entanto, as sementes da família são normalmente dispersas com alto níveis de umidade, mesmo aquelas que apresentam comportamento ortodoxo (JAGANATHAN, 2021; SALEH et al. 2017).

Outro fator que descarta a hipótese de que a redução tenha ocorrido a partir de uma sensibilidade à dessecação é que sementes que se desenvolvem em ambientes com maior déficit hídrico e com maior amplitude térmica apresentam maior capacidade em tolerar à secagem

(DAWS et al. 2004; LAMARCA et al., 2016; PEREIRA et al., 2017). Isso porque estresses ambientais impostos durante a fase de maturação da semente, atuam como sinalizadores no acúmulo de substâncias de reservas protetoras como as proteínas LEA e sacarose, que atuam diminuindo os danos ocasionados pela secagem na estrutura celular (BUTINK et al, 2000; 2002; CASTRO; BRADFORD; HILHORST, 2004; HUGHES; GALAU, 1991; LEPRINCE; HENDRY; MCKERSIE, 1993). Já no presente trabalho, foi constatado o oposto, onde o efeito da secagem foi observado justamente nos meses com incidência de maior estresse ambiental, resultante dos baixos níveis de precipitação e temperatura.

Uma hipótese é que a redução na germinação e no vigor se deu por uma indução de dormência secundária nos lotes testados, uma vez que o número de sementes viáveis não germinadas foi consideravelmente alto, variando de 47 a 76%, além disso as sementes que não apresentaram efeito significativo já apresentavam inicialmente uma baixa germinação e vigor decorrente de um maior grau de dormência primária. A dormência secundária é uma estratégia evolutiva significativa para plantas típicas de ambientes sazonais (BASKIN; CHESSON; BASKIN, 1993; CAO et al., 2014), e normalmente é expressa quando as condições ambientais pós dispersão, se tornam desfavoráveis à germinação e ao estabelecimento da plântula (MURDOCH; ELLIS, 2000).

É possível que a secagem da semente de *S. romanzoffiana* a níveis tão baixos, aproximadamente 5%, atue como um sinalizador, ativando a inibição da germinação, mesmo que, posteriormente, as condições de umidade necessárias para o início da germinação sejam atendidas. Resultados semelhantes foram encontrados em espécies de outras famílias como: *Arabidopsis thaliana* L. (BASBOUSS-SERHA; LEYMARIE; BAILLY, 2016), *Carpinus betulus* L. (CHMIELARZ, 2010), *Picea sitchensis* (Bong.) Carr. (JONES et al., 1998), *Carica papaya*, L. (WOOD; PRITCHARD; AMRITPHALE, 2000) e *Rumex crispus* L. (SAMIMY; KHAN, 1983). Entretanto, como a dormência secundária é caracterizada principalmente por aspectos fisiológicos, estudos posteriores devem ser realizados de modo a identificar a relação hormonal, em sementes submetidas à secagem, e também averiguar se a dessecação afeta também a viabilidade dos embriões na espécie.

## 5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados encontrados, é possível concluir que sementes de *S. romanzoffiana*, apresentam algum mecanismo primário de inibição da germinação, e de que o grau de dormência na espécie está sujeito a variações de acordo com o período de coleta, estando

associada às variações climáticas ao longo do ano. A espécie apresenta também uma redução na germinabilidade quando submetida à secagem, possivelmente devido à indução de dormência secundária e tal redução está sujeita também às variações ambientais vivenciadas pela espécie, sendo mais pronunciada em espécies dispersas durante a estação seca. As condições de precipitação e temperatura no desenvolvimento afetam diretamente a resposta fisiológica das sementes, expresso pela indução de dormência primária e percentual de germinação.

## REFERÊNCIAS

- BASBOUSS-SERHAL, I.; LEYMARIE, J.; BAILLY, C. Fluctuation of Arabidopsis seed dormancy with relative humidity and temperature during dry storage. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 1, p. 119-130, 2016.
- BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.
- BASKIN, C. C.; CHESSON, P. L.; BASKIN, J. M. Annual seed dormancy cycles in two desert winter annuals. **Journal of Ecology**, v. 81, n. 3, p. 551-556, 1993.
- BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. From Avicennia to Zizania: seed recalcitrance in perspective. **Annals of botany**, v. 101, n. 2, p. 213-228, 2008.
- BEWLEY, J. D. et al. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2012.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 2013.
- BRANCALION, P. H. S. A.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.
- BROCHAT, T.K. Palm seed propagation. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n.360, p.141-147, 1994.
- BUITINK, J. et al. Molecular mobility in the cytoplasm: an approach to describe and predict lifespan of dry germplasm. **Proceedings of National Academy of Sciences, USA**, v. 97, n. 5, p. 2385-2390, 2000.
- BUITINK, J.; HOEKSTRA, F. A.; LEPRINCE, O. Biochemistry and biophysics of tolerance systems. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. **Desiccation and survival in plants drying without dying**. New York: Cabi, 2002.

- CAO, D. et al. Dormancy cycling and persistence of seeds in soil of a cold desert halophyte shrub. **Annals of botany**, v. 113, n. 1, p. 171-179, 2014.
- CARVALHO, V. S. et al. Dormancy is modulated by seed structures in palms of the cerrado biome. **Australian Journal of Botany**, v. 63, n. 5, p. 444-454, 2015.
- CHMIELARZ, P. Cryopreservation of dormant orthodox seeds of European hornbeam (*Carpinus betulus*). **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 1, p. 146-157, 2010.
- DAWS, M. I. et al. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. **New Phytologist**, v. 162, n. 1, p. 157-166, 2004.
- CASTRO, R. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- FELIX, F. C. et al. Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017.
- FIOR, C. S.; CAMPOS, S. S. de; SCHWARZ, S. F. Tolerância à dessecação e armazenamento em temperatura sub-zero de sementes de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick. **Iheringia. Série Botânica**. Porto Alegre, v. 75, 2020.
- GONG, X. et al. The emergence of embryos from hard seeds is related to the structure of the cell walls of the micropylar endosperm, and not to endo- $\beta$ -mannanase activity. **Annals of Botany**, v. 96, n. 7, p. 1165-1173, 2005.
- GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 147-154, 2013.
- HONG, T. D.; ELLIS, Roger H. A protocol to determine seed storage behaviour. Bioversity International, Rome, 1996.
- HUGHES, D. Wayne; GALAU, Glenn A. Developmental and environmental induction of Lea and LeaA mRNAs and the postabscission program during embryo culture. **The Plant Cell**, v. 3, n. 6, p. 605-618, 1991.
- INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - **BDMEP**. Brasília. 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em 01 março 2021.
- IPCC. **Climate change 2014: impacts, adaptation and vulnerability**. Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report. Cambridge: Cambridge University Press; 2014.
- JAGANATHAN, G. K. Ecological insights into the coexistence of dormancy and desiccation-sensitivity in Arecaceae species. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 1, p. 1-14, 2021.
- JONES, S. K.; GOSLING, P. G.; ELLIS, R. H. Reimposition of conditional dormancy during air-dry storage of prechilled *Sitka spruce* seeds. **Seed Science Research**, v. 8, n. 2, p. 113-122, 1998.

- JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. Interceptação da precipitação em um fragmento de floresta estacional semidecídua do sul de Minas Gerais: Estudo observacional. **Sustentare**, v. 3, n. 1, p. 109-121, 2019.
- LAMARCA, E. V. et al. Variações da tolerância à dessecação em sementes de *Eugenia pyriformis*: dispersão em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 118-126, 2016.
- LEPRINCE, O.; HENDRY, G. A. F.; MCKERSIE, B. D. The mechanisms of desiccation tolerance in developing seeds. **Seed Science Research**, v. 3, n. 4, p. 231-246, 1993.
- MAGALHÃES, H. M. et al. Structure of the zygotic embryos and seedlings of *Butia capitata* (Arecaceae). **Trees**, v. 27, n. 1, p. 273-283, 2013.
- MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, H. C.; RIBEIRO, L. M.; MERCADANTE-SIMÕES, M. O.; SANT'ANNA-SANTOS, B. F. Ontogenesis of the pseudomonomerous fruits of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae): a new approach to the development of pyrenarium fruits. **Trees**, v. 29, p. 199-214, 2014.
- MAZZOTTINI-DOS-SANTOS, H. C.; RIBEIRO, L. M.; OLIVEIRA, D. M. T. Structural changes in the micropylar region and overcoming dormancy in Cerrado palms seeds. **Trees**, v. 32, n. 5, p.1415-1428, 2018.
- MARAGHNI, M. G. M. N. M; GORAI, M.; NEFFATI, M. Seed germination at different temperatures and water stress levels, and seedling emergence from different depths of *Ziziphus lotus*. South African **Journal of Botany**, v. 76, n. 3, p. 453-459, 2010.
- MOURA, A. C. F. et al. Cytological and histochemical evaluations reveal roles of the cotyledonary petiole in the germination and seedling development of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae). **Protoplasma**, v. 256, n. 5, p. 1299-1316, 2019.
- NEVES, S. C. et al. Diaspore structure and germination ecophysiology of the babassu palm (*Attalea vitrivir*). **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 208, n. 1, p. 68-78, 2013.
- OLIVEIRA, T. G. S. et al. Seed germination of queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) is affected by storage and fruit ripening stage. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 399-408, 2015.
- PÉREZ, H. E.; CRILEY, R. A.; BASKIN, C. C. Promoting germination in dormant seeds of *Pritchardia remota* (Kuntze) Beck., an endangered palm endemic to Hawaii. **Natural Areas Journal**, v. 28, n. 3, p. 251-260, 2008.
- RIBEIRO, L. M. et al. Critérios para o teste de tetrazólio na estimativa do potencial germinativo em macaúba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 4, p. 361-368, 2010.
- RIBEIRO, L. M. et al. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.
- RODRIGUES-JUNIOR, A. G.; OLIVEIRA, T. G. S.; SOUZA, P. P.; RIBEIRO, L. M. Water uptake and pre-germination treatments in macaw palm (*Acrocomia aculeata* - Arecaceae) seeds. **Journal Seed of Science**, v. 35, n. 1, p. 99-105, 2013.

SALEH, E. O. L.; LUIS, Z. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Determination of physiological and environmental conditions for the storage of babassu palm seeds (*Attalea speciosa*). **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 139-150, 2017.

SAMIMY, C.; KHATN, A. A. Secondary dormancy, growth-regulator effects, and embryo growth potential in curly dock (*Rumex crispus*) seeds. **Weed Science**, v. 31, n. 2, p. 153-158, 1983.

SANTOS, I. R. I.; SALOMÃO, A. N. Germinação in vitro de embriões zigóticos excisados de endocarpos criopreservados de palmeira rainha (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 53, n. 4, pág. 418-424, 2017.

SCHELER, C. et al. Promotion of testa rupture during garden cress germination involves seed compartment-specific expression and activity of pectin methylesterases. **Plant physiology**, v. 167, n. 1, p. 200-215, 2015.

SCHLINDWEIN, G.; SCHLINDWEIN, C. C. D.; DILLENBURG, L. R. Seasonal cycle of seed dormancy controls the recruitment of *Butia odorata* (Arecaceae) seedlings in savanna-like palm tree formations in southern Brazil. **Ecological Society of Australia**, v. 44, p. 1398-1409, 2019.

SILVA, R. S. et al. Seed structure and germination in buriti (*Mauritia flexuosa*), the Swamp palm. **Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants**, v. 209, n. 11, p. 674-685, 2014.

SOUZA DIAS, D. et al. Haustorium–endosperm relationships and the integration between developmental pathways during reserve mobilization in *Butia capitata* (Arecaceae) seeds. **Annals of botany**, v. 122, n. 2, p. 267-277, 2018.

WOOD, C. B.; PRITCHARD, H. W.; AMRITPHALE, D. Desiccation-induced dormancy in papaya (*Carica papaya* L.) seeds is alleviated by heat shock. **Seed Science Research**, v. 10, n. 2, p. 135-145, 2000.

### **CAPÍTULO 3 - TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman.**

#### **RESUMO**

A capacidade da semente em tolerar a secagem é um dos mecanismos que possibilitou a dispersão das plantas superiores em uma grande diversidade de ambientes. Além da função ecológica, essa característica tem se tornado cada vez mais essencial na conservação das espécies através do armazenamento de germoplasma em bancos de sementes. Desse modo, o presente capítulo procurou-se classificar as sementes da palmeira *Syagrus romanzoffiana* (Arecaceae), em relação a sua capacidade de armazenamento e em tolerar à secagem. O



experimento foi composto de sementes coletadas em uma região de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica, em dois períodos com disponibilidade hídrica distintos. Para avaliação da viabilidade das sementes, utilizou-se como parâmetros o percentual de germinação, a viabilidade pelo teste de tetrazólio e o alongamento dos embriões *in vitro*. O estudo foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com 4 tratamentos, em distintos níveis de umidade (27%; 10,5%; 5%; 5% + armazenamento). Ademais, um segundo experimento foi conduzido em esquema fatorial (2x2), com dois períodos distintos de coleta e dois níveis de umidade da semente, para averiguar se existe variação sazonal nos parâmetros utilizados. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott e t-Student ( $p < 0,05$ ). Concluiu-se que *S. romanzoffiana* apresenta comportamento ortodoxo.

**Palavras-Chave:** Arecaceae. Tolerância à dessecação. Cultivo *in vitro*.

## ABSTRACT

The seed's ability to tolerate drying is one of the mechanisms that enabled the dispersal of superior plants in a wide variety of environments. In addition to the ecological function, this characteristic has become increasingly essential in the conservation of species through the storage of germplasm in seed banks. Thus, this chapter sought to classify the seeds of the *Syagrus romanzoffiana* palm, in relation to their storage capacity and to tolerate drying. The experiment consisted of seeds collected in a transition region between the Cerrado and Atlantic Forest biomes, in two periods with different water availability. To evaluate the viability of the seeds, the germination percentage, the viability by the tetrazolium test and the *in vitro* embryo elongation were used as parameters. The study was conducted in a completely randomized experimental design with 4 treatments, at different moisture levels (27%; 10.5%; 5%; 5% + storage). Furthermore, a second experiment was carried out in a factorial scheme (2x2), with two distinct periods of collection and two levels of seed moisture, to verify if there is seasonal variation in the parameters used. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by the Scott-Knott and t-Student test ( $p < 0.05$ ). It was concluded that *S. romanzoffiana* presents an orthodox behavior.

**Keywords:** Arecaceae. Desiccation tolerance. *In vitro* culture.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos mecanismos de sobrevivência encontrado na grande maioria das plantas e que apresenta impacto direto na dispersão das espécies, é a capacidade da semente em tolerar a secagem (FENNER; THOMPSON 2005; JAGANATHAN, 2021). A capacidade das sementes em manter a viabilidade após uma redução drástica no seu conteúdo de umidade, possibilita a persistência das mesmas em ambientes com condições adversas à germinação (ROBERTS; ELLIS 1989). Tal característica permite também, que as sementes sejam armazenadas por um longo período de tempo, mantendo a capacidade de retomar o seu metabolismo quando as

condições ótimas para a germinação são restabelecidas (BEWLEY, 1979; OLIVER; TUBA; MISHLER, 2000).

De modo geral as sementes são categorizadas em três classes, de acordo com a tolerância à dessecação e capacidade de armazenamento. Sementes ortodoxas são aquelas, que são dispersas com um baixo teor de umidade, toleram a redução da umidade em níveis próximos a 5% e podem ser armazenadas por um longo período de tempo, inclusive em condições de temperaturas negativas (BEWLEY, BLACK, 2013; ROBERTS, 1973). Sementes recalcitrantes compreendem o outro lado da tolerância à dessecação, geralmente são dispersas com metabolismo e teor de umidade relativamente alto e, por isso mesmo, são sensíveis à redução da umidade e ao armazenamento (BASKIN; BASKIN, 2014; ROBERTS, 1973). Já o terceiro tipo é composto das sementes denominadas como intermediárias, que toleram a secagem em um nível próximo ao das sementes ortodoxas, mas que não mantêm a viabilidade quando armazenadas em temperaturas abaixo de zero (ELLIS; HONG; ROBERTS, 1990).

*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman é uma espécie da família das palmeiras (Arecaceae), amplamente distribuída na América do Sul (BRANCALION; NOVENBRE; RODRIGUES, 2011; FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; UBLERICH, 2012). No Brasil, ocorre em diversas formações florestais, sendo encontrada tanto em regiões de mata atlântica, como também no cerrado, restingas e florestas secas (BRANCALION; NOVENBRE; RODRIGUEZ, 2011; GUIX; RUIZ, 2000). A espécie é frequentemente utilizada em projetos de paisagismo (LORENZI et al, 2004), e apresenta também, enorme potencial para a produção de biocombustíveis e na composição de projetos de restauração ecológica (FALASCA; MIRANDA DEL FRESNO; ULBERICH, 2012; MOREIRA et al. 2013; SANTOS; SALOMÃO, 2017).

Segundo Jaganathan (2021), o entendimento sobre a tolerância à dessecação das palmeiras ainda é bastante escasso, com muitos resultados sendo considerados inconclusivos, pela ausência de evidências mais explícitas. Entretanto, de modo geral, os estudos até aqui realizados apontam que a família apresenta uma predominância de espécies sensíveis à dessecação (ALMEIDA et al., 2018; MARTINS et al., 2000; WEN, 2009), o que fica ainda mais evidente uma vez que as palmeiras se encontram principalmente em zonas úmidas, com pouca ocorrência em regiões de savana e deserto (BAKER; COUVREUR 2013; BLACK-OVERGAARD et al., 2010). Embora as sementes de palmeiras sejam normalmente dispersas com elevado teor de água, é possível encontrar espécies com comportamento ortodoxo: *Attalea*

*speciosa* Mart. ex Spreng (OLIVEIRA et al., 2016; SALEH; LUIS; SCHERWINSKI-PEREIRA, 2017), *Euterpe precatoria* Mart (COSTA et al., 2018), *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick (FIOR; CAMPOS; SCHWARZ, 2020) e *Pritchardia pacifica* Seem. & H. Wendl. (FELIX et al, 2017).

Dessa forma, o objetivo principal do presente trabalho foi classificar as sementes de *S. romanzoffiana* quanto à tolerância à dessecação e ao armazenamento.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 Coleta e beneficiamento**

A coleta dos frutos de *Syagrus romanzoffiana* foi realizada no município de Lavras – MG em dois períodos distintos, uma no fim da estação seca (setembro/2019) e outra no final da estação chuvosa (março/2021). As matrizes se encontram em uma área de transição entre os biomas: Mata Atlântica (Floresta estacional Semidecidual) e Cerrado. O clima da região é do tipo Cwa, segundo classificação de Köppen (tropical de altitude), com pluviosidade média anual de 1511 mm, em que 80% dessa ocorre nos meses de outubro a março. A temperatura média da região varia de 16,0 °C em junho a 21,9 °C em fevereiro, com média anual de 19,5 °C (JUNQUEIRA JÚNIOR, 2019).

Após a coleta, os frutos foram beneficiados, de modo a separar a polpa do fruto do pirênio, estrutura constituída do endocarpo e da semente propriamente dita. O processo de beneficiamento, consistiu inicialmente de uma fermentação prévia dos frutos em sacos plásticos, durante o período de dois dias, de modo a facilitar a retirada da polpa. Após a fermentação utilizou-se da fricção dos frutos em peneiras seguido de lavagem em água corrente.

### **2.2 Classificação quanto à tolerância à dessecação e capacidade de armazenamento**

A classificação fisiológica das sementes quanto à tolerância à dessecação e ao armazenamento foi realizada utilizando o protocolo proposto por Hong e Ellis (1996) com modificação no período de armazenamento. Foi utilizado o lote coletado em setembro de 2019, para realização da classificação. As sementes frescas (sem secagem), sementes secas a conteúdo de água entre 10 e 12%, sementes secas a 5% de conteúdo de água, além de um tratamento adicional com sementes secas a 5% de conteúdo de água e armazenadas por um período de 500 dias a -20°C foram avaliadas para determinação da viabilidade.

A secagem foi feita em ambiente controlado, com 50% de umidade relativa do ar e temperatura de 20°C, por aproximadamente 30 dias, com avaliação periódica do conteúdo de água das sementes, analisando-se a variação do peso da massa de sementes, até obter o equilíbrio higroscópico, o que ocorreu quando as sementes atingiram conteúdo de água próximo de 5%. O armazenamento das sementes ocorreu em freezer a -20°C em saco plástico. Para cada tratamento foram avaliados a viabilidade através do teste de germinação e a viabilidade dos embriões através dos testes de tetrazólio e alongamento *in vitro* em meio de cultura.

### **2.3 Determinação do conteúdo de água das sementes**

O conteúdo de água das sementes em cada tratamento foi obtido através do método da estufa a 103±2°C por 24 horas (BRASIL, 2009) utilizando-se 4 repetições (amêndoas). Para remoção das amêndoas, foi utilizada uma morsa de bancada para quebra do endocarpo.

### **2.4 Teste de germinação e tetrazólio**

O teste de germinação foi realizado em germinador Mangelsdorff a 30°C no escuro, com 4 repetições de 25 sementes, em bandejas de plástico com areia esterilizada como substrato (sobre areia). A contagem da germinação se deu por um período de 90 dias utilizando a emergência das plântulas como critério. Ao final do teste obteve-se a variável percentual de germinação (G).

Para obtenção da viabilidade pelo teste do tetrazólio (FIGURA 1), os embriões foram isolados dos pirênios utilizando uma morsa de bancada e bisturi. O teste foi composto de 4 repetições de 10 embriões, em solução de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio) a 0,5% por 24 horas nas mesmas condições do teste de germinação, considerando os critérios de viabilidade propostos por Ribeiro et al. (2010).

FIGURA 1 - Embriões de *S. romanzoffiana* submetidos à coloração por sal de tetrazólio.

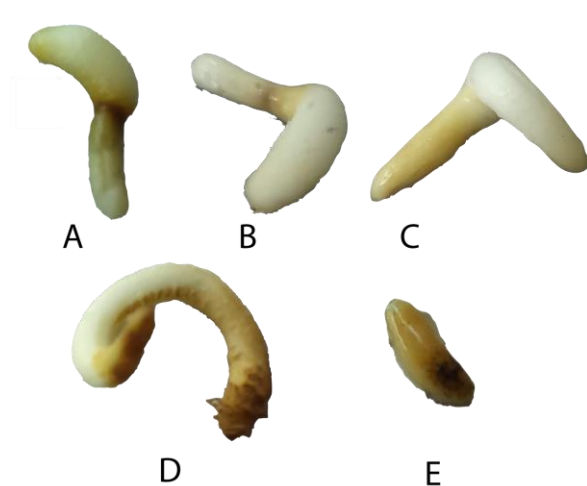


Fonte: Do autor (2021).

## 2.5 Alongamento *in vitro* dos embriões

A viabilidade dos embriões submetidos à secagem foi avaliada também pelo cultivo de embriões *in vitro*. Os embriões foram excisados das sementes e desinfetados em solução de 0,5% de hipoclorito de sódio por um período de 10 min. Após a desinfecção, os embriões foram inoculados em tubos de ensaio contendo 10 ml de meio cultivo utilizando uma câmara de fluxo laminar (esterilizada). O meio de cultivo foi preparado com a seguinte composição: 0,4 mg. L<sup>-1</sup> de tiamina; 1mg.L<sup>-1</sup> de piridoxina; 0,5 mg. L<sup>-1</sup> de ácido nicotínico; 100 mg. L<sup>-1</sup> de mio-inositol; 0,5 mg. L<sup>-1</sup> de caseína hidrolisada; 3 g.L<sup>-1</sup> carvão ativado; 30 g.L<sup>-1</sup> de sacarose; 6 g.L<sup>-1</sup> de ágar; e pH de 5,7. Após a inoculação, os tubos de ensaio foram selados com papel aluminizado, e dispostos no escuro em sala de cultivo aclimatada à 25°C por um período de 30 dias. Ao final deste período avaliou-se o percentual de embriões alongados, utilizando-se como critério um crescimento de pelo menos 2 vezes o comprimento médio obtido antes da inoculação (FIGURA 2).

FIGURA 2 - Embriões de *S. romanzoffiana* submetidos ao alongamento *in vitro*.



Fonte: Do autor (2021). Onde: A, B, C, D: Embriões viáveis com alongamento; E: Embrião inviável não alongado.

## 2.6 Efeito do período de coleta na viabilidade de sementes submetidas à secagem

Para avaliar o efeito da secagem na germinação de lotes coletados em diferentes períodos, avaliou-se também o comportamento das sementes coletadas no final da estação chuvosa (março/2021), contrastando com os dados já obtidos para o lote da estação seca (setembro/2019). Foram avaliadas a germinação e a viabilidade (tetrazólio e alongamento), em dois tratamentos, um com a semente fresca e outro com a semente seca a 5% de conteúdo de água.

## 2.7 Análise dos dados

A classificação fisiológica foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com um único fator (umidade da semente e armazenamento). Já o efeito da secagem no período da coleta, foi avaliado também por DIC, mas em esquema fatorial (2x2), com um fator sendo a umidade e o outro o período de coleta. A distribuição normal dos dados foi averiguada através do teste de normalidade de Shapiro-Wilk a 5%, e quando constatada ausência de normalidade foram transformados em arco seno de  $(x/100) - 0,5$  (dados percentuais). Os dados então foram avaliados por meio de uma análise de variância (ANOVA) e as médias foram contrastadas pelo teste t-Student, a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico R Studio.

### 3 RESULTADOS

A redução no conteúdo de água em até 10,5 % não afetou a viabilidade das sementes avaliando-se a porcentagem de germinação, entretanto, quando as sementes foram secas a até 5% houve redução significativa da germinação (TABELA 1). Após a secagem e armazenamento das sementes a -20°C não houve germinação das sementes de *S. romanzoffiana*. Por outro lado, quando analisados os resultados do teste de tetrazólio e do alongamento *in vitro*, verifica-se que não houve efeito da secagem e armazenamento sobre a viabilidade das sementes.

**TABELA 1** - Conteúdo de água, germinação, viabilidade pelos testes de tetrazólio e alongamento *in vitro* de sementes/embriões de *S. romanzoffiana* após o beneficiamento, secagem e armazenamento a -20°C.

Tratamento/Conteúdo de água (%)	G (%)	Tz (%)	AI (%)
27	64a	94a	80a
10,5	63a	83a	95a
5	41b	98a	81a
5 + Armazenamento	0c	95a	97a
Média	41,9	91,3	88,3
CV (%)	32,06	18,74	18,74

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott a 5% de significância. Onde: G=Percentual de Sementes Germinadas, Tz=Percentual de Sementes Coloridas no teste de tetrazólio AI= Percentual de embriões alongados *in vitro*.

Quanto à coleta realizada em diferentes períodos do ano (TABELA 2), a análise de variância não detectou interação significativa entre os fatores umidade e mês de coleta. As médias de germinação e alongamento *in vitro*, não apresentaram diferença estatística ( $p > 0,05$ ). No entanto as médias de viabilidade pelo teste de tetrazólio dentro do fator umidade no mês de março foram estatisticamente diferentes ( $p < 0,05$ ).

**TABELA 2** - Germinação de sementes de *S. romanzoffiana* coletadas nos meses de setembro (fim do período seco) e março (fim do período das chuvas) no município de Lavras, MG.

Mês	G (%)			Tz (%)			AI (%)		
	Fresca	Seca	Média	Fresca	Seca	Média	Fresca	Seca	Média
Março	44	39	42a	98Aa	58Bb	78b	88	73	80a
Setembro	64	41	53a	94Aa	98Aa	96a	80	82	81a
Média	53,9A	40,1A		95,6A	78B		84A	76,9A	
CV (%)	16,37			7,18			16,44		

Médias seguidas de mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem entre si, pelo teste t-Student a 5% de significância. Onde: G=Percentual de Sementes Germinadas, Tz=Percentual de Sementes Coloridas no teste de tetrazólio AI= Percentual de embriões alongados *in vitro*.

#### 4 DISCUSSÃO

As sementes coletadas apresentaram um nível de umidade inicial variando de 27% (setembro/2020) a 35% (março/2021), o que está dentro da faixa encontrada em outros trabalhos com a espécie (BRANCALION, NOVEMBRE, RODRIGUES, 2011; GOUDEL et al, 2013; OLIVEIRA, et al. 2015). As sementes desta família são normalmente dispersas com um elevado teor de umidade, mesmo naquelas espécies que apresentam comportamento ortodoxo (JAGANATHAN, 2021; RIBEIRO et al. 2012; SALEH et al. 2017). Os resultados de umidade inicial aqui encontrados se encontram consideravelmente abaixo da maioria das espécies das palmeiras, estando mais próximos dos nível de umidade considerado crítico para a sobrevivência das sementes da família, que fica entre 27 e 38% (ANDRADE; PEREIRA, 1997; BATISTA, 2012; FERREIRA; SANTOS, 1992).

A manutenção da viabilidade das sementes de *S. romanzoffiana* durante a secagem e armazenamento foi constatada somente com os testes de viabilidade do embrião, tanto no teste de tetrazólio e alongamento *in vitro*. O percentual de germinação foi a única variável que apresentou diferença significativa entre os tratamentos testados. O percentual de germinação sob efeito somente da secagem, não apresentou uma redução substancial, sendo que a grande maioria das sementes ainda foi capaz de germinar. Por outro lado, o percentual de germinação no tratamento com a semente armazenada foi de 0%, resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira et al. (2015), com o armazenamento da espécie em câmara fria (5°C).

Esses resultados inicialmente, sem considerar a viabilidade pelos testes de tetrazólio e alongamento *in vitro*, levariam a uma classificação errônea do comportamento das sementes de *S. romanzoffiana* como intermediárias, no entanto a secagem e o armazenamento da espécie não proporcionou uma redução na viabilidade dos embriões, que se manteve acima dos 80%., tanto no teste de tetrazólio, quando no alongamento *in vitro*. O tempo de armazenamento no qual as sementes foram submetidas (500 dias) foi consideravelmente maior do que os 90 dias recomendados nos estudos de classificação fisiológica (HONG; ELLIS, 1990), o que ressalta ainda mais a capacidade, se não da semente, ao menos do embrião em suportar o armazenamento a longo prazo.

O fato da viabilidade dos embriões se manter alta após o período de armazenamento evidencia que *S. romanzoffiana* apresenta comportamento ortodoxa, o que reforça os resultados encontrados por Oliveira et al. (2015) e Goudel et al. (2013). A ortodoxia foi relatada também



em outras espécies do gênero *Syagrus* como: *Syagrus botryophora*, *S. flexuosa*, *S. yungasensis* (PRITCHARD et al., 2004), e *S. oleracea* (RUBIO NETO et al., 2015).

O comportamento apresentado pela espécie evidencia que a secagem e o armazenamento apresentam efeitos distintos na semente inteira e no embrião isolado. Uma hipótese já levantada por Oliveira et al. (2015), é que o armazenamento das sementes da espécie inibe a germinação em decorrência da indução de dormência secundária na espécie. O acúmulo de inibidores da germinação ocorre em todos os tecidos da semente (BEWLEY; BLACK, 2013), então é possível que a retirada do endosperma altere a relação entre giberelinas e ácido abscísico, explicando o alongamento observado *in vitro*. No entanto, experimentos mais detalhados são necessários a fim de testar essa hipótese.

Outra hipótese, que já foi discutida por Jaganathan (2021), é que nas palmeiras a secagem pode resultar em dados substanciais somente aos tecidos de reserva da semente (endosperma), o que resulta em um déficit de nutrição para o embrião que o torna incapaz de romper os tecidos externos da semente. Esse comportamento foi observado para algumas espécies da família como a *Butia capitata* (Mart.) Becc. (DIAS et al., 2015), *Calamus shendurunii* Anto, Renuka & Sreek. (JACOB et al., 2016), *Livistona chinensis* (Jacq.) R. Br. ex Mart. (WEN et al., 2012). No entanto, no presente estudo foi o armazenamento e não a secagem que gerou baixa germinação na semente seca. As sementes de *S. romanzoffiana* apresentam uma alta concentração lipídica, em torno de 50% (COIMBRA; JORGE, 2011), cuja degradação por peroxidação durante o armazenamento pode vir a reduzir a viabilidade das sementes inteiras (BARRETO; GARCIA, 2017; RAJA; PALANISAMY; SELVARAJU, 2005).

O desempenho das sementes na germinação, assim como a tolerância à dessecação está associado diretamente às variações climáticas vivenciadas pela planta durante o desenvolvimento das sementes (BEWLEY; BLACK, 2013; DAWS et al. 2004; LAMARCA et al., 2016; PEREIRA et al., 2017). Porém neste trabalho, diferentemente do segundo capítulo, não foi possível observar diferença na germinação e no *alongamento in vitro* em sementes coletadas em diferentes estações. Possivelmente, o fato de que o lote coletado em março, se desenvolveu em um período com baixa precipitação (95,4 mm), semelhante ao registrado no lote de setembro (71,3 mm) (INMET, 2021), tenha sido responsável pela ausência de diferenças significativas no efeito da sazonalidade climática na tolerância à dessecação da espécie.

Ao comparar os dois períodos de coleta, o único parâmetro que apontou variação foi a viabilidade pelo teste de tetrazólio, cujo percentual de embriões viáveis no lote de março demonstrou uma redução significativa com a secagem. Em um primeiro momento, esses resultados levam à hipótese que o lote de sementes coletadas em março foi mais sensível à dessecação, no entanto esse mesmo efeito não foi identificado no alongamento *in vitro*. A extração do embrião de *S. romanzoffiana* é dificultada, uma vez que a semente se encontra ligada ao endocarpo por um recesso (GOUDEL et al, 2013), o que torna a tarefa de retirar a semente inteira e íntegra praticamente impossível. É válido refletir que, esse processo de retirada dos embriões, possa ter ocasionado a redução na viabilidade dos embriões na semente seca coletada em março. Além disso, a metodologia de classificação utilizada no presente estudo foi proposta inicialmente por Ribeiro et al. (2010) para *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. (Macaúba), mas adequações futuras devem ser realizadas para os embriões de *S. romanzoffiana*.

## 5 CONCLUSÃO

Com os resultados encontrados é possível concluir que sementes de *S. romanzoffiana* apresentam comportamento ortodoxo quanto à secagem e ao armazenamento.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. C. P. de et al. Temperature, light, and desiccation tolerance in seed germination of *Mauritia flexuosa* LF. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 42, n. 3, p. 1-7, 2018.

ANDRADE, A. C. S.; PEREIRA, T. S. Comportamento de armazenamento de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.9-10, p. 987-991, 1997.

BAKER, W. J.; COUVREUR, T. L P. Global biogeography and diversification of palms sheds light on the evolution of tropical lineages. I. Historical biogeography. **Journal of Biogeography**, v. 40, n. 2, p. 274-285, 2013.

BARRETO, L. C.; GARCIA, Q. S. Accelerated ageing and subsequent imbibition affect seed viability and the efficiency of antioxidant system in macaw palm seeds. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 3, p. 72, 2017.

BASKIN, C. C.; BASKIN, J. M. **Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2014.

BATISTA, G. S. Germinação de sementes de palmeiras quanto à tolerância a dessecação, salinidade e temperatura. 2012. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012.

BEWLEY, J. D. Physiological aspects of desiccation tolerance. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 30, n. 1, p. 195-238, 1979.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 2013.

BLACH-OVERGAARD, A. et al. Determinants of palm species distributions across Africa: the relative roles of climate, non-climatic environmental factors, and spatial constraints. **Ecography**, v. 33, n. 2, p. 380-391, 2010.

BRANCALION, P. H. S. A.; NOVEMBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Seed development, yield and quality of two palm species growing in different tropical forest types in SE Brazil: implications for ecological restoration. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 412-424, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009.

COIMBRA, M. C.; JORGE, N. Proximate composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. **Food Research International**, Philadelphia, v. 44, n. 7, p. 2139– 2142, 2011.

DAWS, M. I.; PRITCHARD, H. W. The development and limits of freezing tolerance in *Acer pseudoplatanus* fruits across Europe is dependent on provenance. **CryoLetters**, v. 29, n. 3, p. 189-198, 2008.

DIAS, D. S. et al. Tolerance of desiccation and cryopreservation of *Butia capitata* palm seeds. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 1, p. 90-100, 2015.

FALASCA, S. L.; DEL FRESNO, C. M.; ULBERICH, A. Possibilities for growing queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) in Argentina as a biodiesel producer under semi-arid climate conditions. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 19, p. 14843-14848, 2012.

FELIX, F. C. et al. Armazenamento de sementes de *Pritchardia pacifica*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 69-78, 2017.

FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

FERREIRA, S. A. N.; SANTOS, L. A. Viabilidade de sementes de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). **Acta Amazônica**, Manaus, v. 22, n. 3, p. 303-307, 1992.

FIOR, C. S.; DE CAMPOS, S. S.; SCHWARZ, S. F. Tolerância à dessecação e armazenamento em temperatura sub-zero de sementes de *Butia odorata* (Barb. Rodr.) Noblick. **Iheringia. Série Botânica**. Porto Alegre, v. 75, 2020.

GOUDEL, F. et al. Fruit biometry and seed germination of *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassm. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 147-154, 2013.

HONG, T. D.; ELLIS, Roger H. A protocol to determine seed storage behaviour. **Biodiversity International**, Rome, 1996.

INMET. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa - **BDMEP**. Brasília. 2021. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/#>. Acesso em 01 março 2021.

JACOB, J. et al. Effect of cryopreservation on germination of seeds and zygotic embryos of *Calamus shendurunii*, an endemic rattan of Western Ghats. **Journal of Plantation Crops**, v. 44, n. 3, p. 174-179, 2016.

JAGANATHAN, G. K. Ecological insights into the coexistence of dormancy and desiccation-sensitivity in Areaceae species. **Annals of Forest Science**, v. 78, n. 1, p. 1-14, 2021.

JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A. Interceptação da precipitação em um fragmento de floresta estacional semidecídua do sul de Minas Gerais: Estudo observacional. **Sustentare**, v. 3, n. 1, p. 109-121, 2019.

LAMARCA, E. V. et al. Variações da tolerância à dessecação em sementes de *Eugenia pyriformis*: dispersão em diferentes estádios de maturação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 118-126, 2016.

LORENZI, H. et al. **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum. 2004.

MARTINS, C. C. et al. Desiccation tolerance of four seedlots from *Euterpe edulis* Mart. **Seed Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 101-113, 2000.

OLIVEIRA, T. G. S. et al. Seed germination of queen palm (*Syagrus romanzoffiana*) is affected by storage and fruit ripening stage. **Seed Science and Technology**, v. 43, n. 3, p. 399-408, 2015.

OLIVER, M. J.; TUBA, Z.; MISHLER, B. D. The evolution of vegetative desiccation tolerance in land plants. **Plant Ecology**, v. 151, n. 1, p. 85-100, 2000.

PEREIRA, W. V. S. et al. Is the loss of desiccation tolerance in orthodox seeds affected by provenance?. **South African Journal of Botany**, v. 112, p. 296-302, 2017.

PRITCHARD, H. W. et al. 100-seed test for desiccation tolerance and germination: a case study on eight tropical palm species. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 32, n. 2, p. 393-403, 2004.

RAJA, K.; PALANISAMY, V.; SELVARAJU, P. Deteriorative changes associated with the loss of viability in desiccation sensitive arecanut (*Areca catechu* L.) seed. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 33, n. 1, p. 177-184, 2005.

RIBEIRO, L. M. et al. Overcoming dormancy in macaw palm diaspores, a tropical species with potential for use as bio-fuel. **Seed Science and Technology**, v. 39, n. 2, p. 303-317, 2011.

RIBEIRO, L. M. et al. The behaviour of macaw palm (*Acrocomia aculeata*) seeds during storage. **Seed Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 344-353, 2012.

ROBERTS, E. H.; ELLIS, R. H. Water and seed survival. **Annals of botany**, v. 63, n. 1, p. 39-39, 1989.

ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.1, n.4, p.499-514, 1973.

RUBIO NETO, A. et al. Desiccation tolerance of embryos of *Syagrus oleracea*, a cerrado native bitter palm heart. **African Journal of Biotechnology**, v. 14, n. 11, p. 922-929, 2015.

SALEH, E. O. L.; LUIS, Z. G.; SCHERWINSKI-PEREIRA, J. E. Determination of physiological and environmental conditions for the storage of babassu palm seeds (*Attalea speciosa*). **Seed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 139-150, 2017.

SANTOS, I. R. I.; SALOMÃO, A. N. Germinação in vitro de embriões zigóticos excisados de endocarpos criopreservados de palmeira rainha (*Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman). **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 53, n. 4, pág. 418-424, 2017.

SCHLINDWEIN, G.; SCHLINDWEIN, C. C. D.; DILLENBURG, L. R. Seasonal cycle of seed dormancy controls the recruitment of *Butia odorata* (Arecaceae) seedlings in savanna-like palm tree formations in southern Brazil. **Ecological Society of Australia**, v. 44, p. 1398-1409, 2019.

WEN, B. Storage of recalcitrant seeds: a case study of the Chinese fan palm, *Livistona chinensis*. **Seed Science and Technology**, v. 37, n. 1, p. 167-179, 2009.