

EDMIR VICENTE LAMARCA

**Soma térmica como condicionadora
quantitativa da tolerância à dessecação e da
germinação, na produção de sementes de
Eugenia pyriformis Cambess.**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte
dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE
VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na área
de Concentração de Plantas Vasculares em
Análises Ambientais.

SÃO PAULO

2013

EDMIR VICENTE LAMARCA

**Soma térmica como condicionadora
quantitativa da tolerância à dessecação e da
germinação, na produção de sementes de
Eugenia pyriformis Cambess.**

Tese apresentada ao Instituto de Botânica da
Secretaria do Meio Ambiente, como parte
dos requisitos exigidos para a obtenção do
título de DOUTOR em BIODIVERSIDADE
VEGETAL E MEIO AMBIENTE, na área
de Concentração de Plantas Vasculares em
Análises Ambientais.

ORIENTADOR: DR. CLAUDIO JOSÉ BARBEDO

Ficha Catalográfica elaborada pelo **NÚCLEO DE BIBLIOTECA E MEMÓRIA**

Lamarca, Edmir Vicente

L215s Soma térmica como condicionadora quantitativa da tolerância à dessecação e da germinação, na produção de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. / Edmir Vicente Lamarca -- São Paulo, 2013.

98 p. il.

Tese (Doutorado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2013

Bibliografia.

1. Sementes. 2. Maturação. 3. Secagem . I. Título

CDU: 631.53.02

“Não tenha medo de viver, de correr atrás dos sonhos. Tenha medo de ficar parado.”

(Anita Garibaldi)

Agradecimentos

Aos meus pais, Vicente e Elisa, e ao meu irmão Eric, pelo incentivo e apoio incondicional para a realização deste trabalho;

Ao meu orientador e amigo, Dr. Claudio José Barbedo, pela valiosa orientação, amizade conversas, incentivo e pelo seu exemplo;

Aos amigos, Adeliana, Arthur, Laís, Sr. Alceu, Dona Anita, Káthya e Milton, pela amizade, incentivo e apoio nas coletas;

Ao Dr. Marcelo Bento Paes de Camargo, pela co-orientação e amizade;

Ao amigo Dr. Eduardo de Almeida Navarro, pelas valiosas sugestões ao trabalho, amizade e incentivo;

À Dra. Simone de Padua Teixeira, pela colaboração, amizade e apoio nas coletas;

Ao Dr. José Marcio Rocha Faria, pela colaboração, amizade e apoio nas coletas;

Ao Dr. Gabriel Constantino Blain, pela amizade e colaboração;

Ao Dr. Danilo da Cruz Centeno, pela amizade e colaboração;

À Dra. Lucia Rossi, pela colaboração e identificação das espécies;

À Dra. Sonia Machado de Campos Dietrich (*in memoriam*), pelas valiosas sugestões ao trabalho;

À coordenadora da pós-graduação, Dr. Rita de Cássia L. Figueiredo Ribeiro, pelo incentivo e sugestões ao trabalho;

Ao Dr. Domingos Sávio Rodrigues, ao Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva, ao Dr. Francisco Amaral Villela, à Dra. Ana Dionisia da Luz Coelho Novembre, ao Dr. André Belmont Pereira, ao Dr. João José Dias Parisi e à Dra. Priscila Fratin Medina, pela colaboração e amizade;

Ao Instituto de Botânica de São Paulo que possibilitou a realização deste trabalho;

Ao Núcleo de Pesquisa em Sementes e especialmente aos seus pesquisadores e funcionários, Adriana, Marina, Nelson, José Marcos, Mônica, Lilian, Waldete, Waldyr, Denise, Ângela e Sr. Antônio, pelo apoio e amizade;

À Pós-Graduação do Instituto de Botânica e aos seus funcionários, Márcia e Shirlei;

Aos amigos de Pós-Graduação, do Núcleo de Pesquisa em Sementes e de todo o IBt, pela amizade, incentivo e colaboração;

Ao Centro de Ecofisiologia e Biofísica do IAC (Climatologia) por permitir a realização de parte desse trabalho e aos seus pesquisadores, funcionários e alunos, Angélica, Ludmila, Marinho, Brunini, Denise e Alan, pelo apoio e amizade;

Ao Centro de Fitossanidade do IAC (Laboratório de Sementes) e especialmente aos seus funcionários, Ana Elisa, Denise, Célia, Cássio e Laércio, pelo apoio e amizade;

Ao Pólo Regional Vale do Ribeira - Pariquera-açú/SP, à CATI de Itaberá/SP, à CATI de São Bento do Sapucaí/SP, à Casa da Agricultura em Jumirim/SP, à USP de Ribeirão Preto/SP, ao Instituto de Botânica de São Paulo/SP, ao Instituto Agrônomo de Campinas/SP e à Universidade Federal de Lavras/MG, pela permissão e apoio nas coletas;

Ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, ao Instituto Agrônomo de Campinas e à Universidade Federal de Lavras, pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

Aos amigos de alojamento do Instituto Agrônomo de Campinas;

Aos que ajudaram nas coletas, Fia, Enoque, Edimárcio, Viviane, João Batista, Zé Carlos, Dona Tereza, Carla, Zé Dito e Amélio;

À CAPES e ao CNPq, pela concessão da bolsa de doutorado;

À FAPESP e ao CNPq, pelo auxílio financeiro;

E a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para realização desse trabalho.

Índice

Introdução Geral.....	01
Referências bibliográficas da introdução geral	03
Capítulo I – De ‘Ybaaia a Uvaia, a trajetória histórica de uma de nossas mais importantes espécies arbóreas tropicais	04
Resumo	06
Abstract.....	06
Introdução	07
Importância e curiosidades da espécie.....	07
Registros históricos da existência da uvaia	11
As migrações da uvaia pelo Brasil	14
Considerações finais	15
Referências bibliográficas	16
Capítulo II – Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de <i>Eugenia</i> (Myrtaceae) nativas do Brasil.....	21
Resumo	23
Abstract.....	23
Introdução	24
Material e Métodos	25
Resultados e Discussão.....	27
Referências bibliográficas	34
Capítulo III – Maturation of <i>Eugenia pyriformis</i> seeds under different hydric and thermal conditions	38
Abstract.....	40
Introduction	41
Material and Methods	42
Results and Discussion	44
Resumo	53
References	54

Capítulo IV – Aquisição da tolerância à dessecação de sementes de <i>Eugenia pyriformis</i> em função de variações hídricas e térmicas do ambiente de formação.....	58
Resumo	59
Abstract.....	59
Introdução	60
Material e Métodos	62
Resultados e Discussão.....	66
Referências bibliográficas	76
Capítulo V – Metabolismo respiratório de sementes de <i>Eugenia pyriformis</i> formadas sob diferentes condições ambientais	80
Resumo	81
Abstract.....	81
Introdução	82
Material e Métodos	83
Resultados e Discussão.....	88
Referências bibliográficas	93
Considerações finais e Conclusões	96
Resumo	98
Abstract.....	98

Introdução geral

Desde a clássica categorização das sementes em dois grandes grupos, feita por Roberts há quase 40 anos (Roberts 1973), até os dias atuais, o conhecimento científico ganhou gigantescos e importantes avanços, especialmente quanto aos processos envolvidos na fisiologia da tolerância à dessecação, da germinação e da deterioração de sementes ortodoxas e recalcitrantes. A variação no comportamento observada entre as mais ortodoxas e as mais recalcitrantes decorrem, entre outros fatores, de variações na temperatura do ar durante o desenvolvimento e maturação, proporcionando níveis de tolerância à dessecação entre populações da mesma espécie (Daws *et al.* 2006). Além dessa, outras características físicas ou fisiológicas, como os níveis de dormência, as exigências térmicas para a germinação, o teor de água e o conteúdo de massa seca, variam entre populações e estão associadas às condições do ambiente, em decorrência de respostas adaptativas ou fenotípicas (Daws *et al.* 2004; Mattana *et al.* 2012). A falta de suficiente conhecimento dos fatores envolvidos nas diferenças de comportamento dessas sementes tem sido um grande entrave para a conservação ambiental em diversas etapas, mas principalmente na inclusão de importantes espécies com sementes recalcitrantes em programas de repovoamento vegetal e em bancos de germoplasma.

Eugenia pyriformis Cambess. (Myrtaceae) produz sementes sensíveis à dessecação (Delgado & Barbedo 2007), com ampla plasticidade germinativa e potencial de regeneração natural (Delgado *et al.* 2010; Teixeira & Barbedo 2012) e mostram-se como interessante modelo para estudos que relacionam as variáveis meteorológicas com a maturação e aquisição de processos fisiológicos. Sendo assim, neste trabalho testou-se a hipótese de que variações hídricas e térmicas durante o desenvolvimento e maturação condicionam o comportamento germinativo e a tolerância à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis*. Para tanto, o estudo foi organizado em cinco capítulos, nos quais foram abordados os seguintes temas:

- Capítulo I: levantamento da cronologia da evolução do termo *uvaia* ao longo da história brasileira, apresentando registros, desde a época colonial até a atual, sobre o uso e a importância dessa espécie, bem como sobre suas possíveis migrações pelo Brasil;
- Capítulo II: estudo do comportamento germinativo de sementes de *E. pyriformis* em resposta a diferentes condições de luz e temperatura, incluindo-se o cálculo da soma térmica durante o desenvolvimento e maturação das sementes, confrontando-os com outras espécies do mesmo gênero;
- Capítulo III: caracterização da maturação e dispersão de sementes de *Eugenia pyriformis*, analisando o grau de interferência das variações hídricas e térmicas do ambiente sobre esses processos;
- Capítulo IV: análise do grau de tolerância à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis* coletadas em diferentes regiões e épocas, relacionando-se as condições hídricas e térmicas presentes no período de desenvolvimento e maturação com a aquisição dessa tolerância;
- Capítulo V: avaliação das taxas respiratórias de sementes de *Eugenia pyriformis* em função da origem das sementes e de diferentes regimes térmicos e níveis de secagem, incluindo-se o cálculo dos graus-dia e da chuva acumulada durante o desenvolvimento e maturação.

Com estes cinco capítulos procurou-se evidenciar que as características finais das sementes de *Eugenia pyriformis*, especialmente a exigência térmica para germinação e a tolerância à dessecação, são dependentes do quão avançado é o processo de maturação. Também procurou-se evidenciar que a soma térmica até o momento da dispersão pode auxiliar no diagnóstico do grau de maturidade dessas sementes.

Referências bibliográficas da introdução geral

- Daws, M.I., Cleland, H., Chmielarz, P., Gorin, F., Leprince, O., Matthews, S., Mullins, C.E., Thanos, C.A., Vandvik, V., & Pritchard, H.W.** 2006. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology* 33: 59-66.
- Daws, M.I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C.A. & Pritchard, H.W.** 2004. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist* 162: 157-166.
- Delgado, L.F. & Barbedo, C.J.** 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 265-272.
- Delgado, L.F., Mello, J.I.O. & Barbedo, C.J.** 2010. Potential for regeneration and propagation from cut seeds of *Eugenia* (Myrtaceae) tropical tree species. *Seed Science and Technology* 38: 624-634.
- Mattana, E., Daws, M.I., Fenu, G. & Bacchetta, G.** 2012. Adaptation to habitat in *Aquilegia* species endemic to Sardinia (Italy): Seed dispersal, germination and persistence in the soil. *Plant Biosystems* 146: 374-383.
- Roberts, E.H.** 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1: 499-514.
- Teixeira, C.C. & Barbedo, C.J.** 2012. The development of seedlings from fragments of monoembryonic seeds as an important survival strategy for *Eugenia* (Myrtaceae) tree species. *Trees* 26: 069-1077.

CAPÍTULO I

**De ‘Ybaaia a Uvaia, a trajetória histórica de uma de nossas mais importantes
espécies arbóreas tropicais**

Artigo aceito para publicação na Revista Língua e Literatura (USP)

ISSN 0101-4862

De ‘Ybaaia a Uvaia, a trajetória histórica de uma de nossas mais importantes espécies arbóreas tropicais

From ‘Ybaaia to Uvaia, a historic trajectory of one of our most important tropical tree species

Edmir Vicente Lamarca¹, Eric Tadeu Lamarca², Eduardo de Almeida Navarro³, Claudio José Barbedo⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Instituto de Botânica de São Paulo. Av. Miguel Stéfano, 3687, CEP 04301-902, São Paulo, SP, Brasil. (lamarcabio@ig.com.br)

²Programa de Pós-Graduação em Literatura Brasileira, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Av. Prof. Luciano Gualberto, 403, Butantã, CEP 05565-900, São Paulo, SP, Brasil. (ericlamarcaverde@gmail.com)

³Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Letras Clássicas e Vernáculas. (eduardonavarro@usp.br)

⁴Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Sementes. (claudio.barbedo@pesquisador.cnpq.br)

Resumo: A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess.) representa um patrimônio de nossa biodiversidade vegetal. Nesse estudo foi realizada cronologia da evolução do sentido do termo *uvaia* ao longo da história brasileira, apresentando-se registros históricos e atuais sobre o uso e a importância da planta, bem como sobre suas possíveis migrações pelo Brasil. A uvaia, apresenta frutos de sabor ácido, característica revelada pela etimologia do termo, sendo utilizada na forma alimentar por comunidades tradicionais. Os primeiros registros históricos da existência da uvaia ocorreram no século XVII, por meio de vocabulários indígenas, de Tupi e Guarani Antigos, elaborados por jesuítas e, a partir daí, tal planta foi mencionada em obras da literatura e em artigos científicos.

Palavras-chave: Etimologia, *Eugenia pyriformis*, Gramática indígena, Myrtaceae.

Abstract: *Eugenia pyriformis* Cambess. (uvaia) represents a heritage of our plant biodiversity. This study was performed a chronology of the evolution of the word uvaia along the Brazilian history, as well as its possible migration across Brazil. Uvaia have fruits taste sour, characteristic reported in etymological descriptions, is used as food by different traditional communities. The first historical records of uvaia occurred in the XVII century, through descriptions of indigenous vocabularies, the old Tupi and Guarani, performed by the Jesuits and, thereafter, were recorded in literature works and scientific papers.

Key words: Etymology, *Eugenia pyriformis*, Indigenous grammar, Myrtaceae.

Introdução

Ībá haî, vna fruta agria conocida (Montoya, 1639, p.165)

De ‘Ybaaîa a Uvaia, desde o início da colonização do Brasil (século XVI), as culturas indígenas exercem forte influência sobre o falar brasileiro, originando nomes de lugares, de animais e plantas. Uvaia, que significa “fruta azeda” (Montoya 1639), é um dos nomes populares da *Eugenia pyriformis* Cambess., espécie arbórea nativa do Brasil, pertencente a família Myrtaceae, que apresenta potencial gastronômico e farmacológico e perspectivas agroecológicas para a preservação do ambiente e para o fortalecimento de comunidades tradicionais.

Faz-se, aqui, cronologia da evolução dos sentidos do termo *uvaia* ao longo da história brasileira, apresentando registros históricos e atuais sobre o uso e a importância dessa espécie, bem como sobre suas possíveis migrações pelo Brasil. Analisaram-se registros obtidos de dicionários históricos, de descrições etimológicas de gramáticas indígenas, de poemas e obras da literatura colonial, de música popular e de revisão da bibliografia científica.

Analisando-se a bibliografia científica, estimou-se a distribuição de frequência do tipo de uso e das estruturas utilizadas de *Eugenia pyriformis* por comunidades tradicionais ou por grupos de pesquisa (Ruschel *et al.* 2003; Keller 2003; Apel *et al.* 2004; Quináia & Ferreira 2007; Eichemberg *et al.* 2009; Rufino *et al.* 2009a e b; Stefanello *et al.* 2009; Stieven *et al.* 2009; Oliveira *et al.* 2010; Zuchiwschi *et al.* 2010; Siminski *et al.* 2011; Siviero *et al.* 2011; Stefanello *et al.* 2011; Armstrong *et al.* 2012).

Importância e curiosidades da espécie

As florestas tropicais e subtropicais do Brasil apresentam espécies de grande importância tanto econômica quanto ecológica, como as do gênero *Eugenia*, representado por mais de 100 espécies e pertencente à família Myrtaceae (Gressler *et al.* 2006; Romagnolo & Souza 2006).

Variadas propriedades medicinais, alimentícias ou cosméticas foram comprovadas cientificamente para espécies desse gênero, principalmente para *Eugenia uniflora* L., a nossa pitangueira (Vizzotto 2006), mas também para *Eugenia pyriformis* Cambess., a nossa uvaieira (Apel *et al.* 2004; Stefanello *et al.* 2009; Stieven *et al.* 2009; Oliveira *et al.* 2010; Quinália & Ferreira 2007; Rufino *et al.* 2009a; Rufino *et al.* 2009b; Stefanello *et al.* 2011). A uvaieira (ou ubaieira), em especial, conta com considerável volume de registros, não apenas científicos, demonstrando sua ampla utilização para as mais variadas finalidades, como a de sua madeira como fonte de energia, seu valor apícola e, principalmente, seu uso alimentar (Pegararo & Ziller 2003; Ruschel *et al.* 2003; Eichemberg *et al.* 2009; Zuchiwschi *et al.* 2010; Siminski *et al.* 2011; Siviero *et al.* 2011). Esses registros científicos ou oriundos do conhecimento tradicional demonstram, de um lado, o potencial dessa espécie para fins comerciais e industriais e, de outro, sua importância histórica (há registros desde os primórdios da colonização de nosso país, como se verá adiante) e sua ligação com as comunidades tradicionais de todas as regiões do país.

Não bastasse toda essa riqueza de informações associada à espécie, a uvaieira apresenta-se, também, como interessante modelo para estudos fisiológicos, visto que suas sementes apresentam características raramente descritas na literatura, tais como o potencial de regeneração de embriões (Silva *et al.* 2003; Delgado *et al.* 2010; Amador & Barbedo 2011; Teixeira & Barbedo 2012), as diferenças nos limites de tolerância à dessecação conforme a origem das matrizes (Delgado & Barbedo 2007; Justo *et al.* 2007; Andrade & Ferreira 2000; Scalon *et al.* 2012), a plasticidade na exigência térmica para a germinação (Lamarca *et al.* 2011), as variações no potencial para armazenamento (Andrade & Ferreira 2000; Scalon *et al.* 2012), entre outras.

O conhecimento do uso da *Eugenia pyriformis* encontra-se preservado no patrimônio humano de comunidades tradicionais, sejam de origem agrícola, urbana ou indígena (Keller 2003; Ruschel *et al.* 2003; Eichemberg *et al.* 2009; Zuchiwschi *et al.* 2010; Siminski *et al.* 2011; Siviero *et al.* 2011). A distribuição de frequência dos usos da uvaieira demonstra que a alimentação corresponde a cerca de 60% de seus usos, enquanto que os 40% restantes correspondem à sua

utilização como madeira (como lenha para cozinhar e aquecer residências e na confecção de cabos de ferramentas, segundo Ruschel *et al.* 2003, Zuchiwschi *et al.* 2010) ou como planta medicinal (Figura 1A). Quando se consideram os dez anos mais recentes (Apel *et al.* 2004; Quináia & Ferreira 2007; Stieven *et al.* 2009; Rufino *et al.* 2009a e b; Stefanello *et al.* 2009; Oliveira *et al.* 2010; Stefanello *et al.* 2011; Armstrong *et al.* 2012) verifica-se, ainda, que seu valor alimentar e medicinal são os mais estudados, correspondendo a 90% (Figura 1C).

O fruto, ou seja, a uvaia propriamente dita, que apresenta textura carnosa e de cor amarela, é a parte da planta mais estudada e a mais utilizada pelas comunidades (Figuras 1B e D) e, portanto, merece maior atenção. Comunidades de origem indígena ('Mbya Guarani de San Pedro, Misiones, Argentina') já acreditavam que frutos de uvaia, devido a similaridade com o formato do coração (Figuras 1E), seriam recomendados para o tratamento de doenças cardíacas (Keller 2003). De fato, o uso de plantas por comunidades tradicionais para fim medicinal muitas vezes está associado a crenças e a misticismo. Os guaranis, por exemplo, têm suas experiências místicas e religiosas como o principal objetivo de vida; são povos nômades em busca da 'Terra Sem Mal', com grande resistência à aculturação ao mundo dos brancos (Brandão 1990). Coincidência ou não, sua tradição no uso da uvaia está em concordância com fundamentações científicas, uma vez que estudos dessa planta demonstram que seus frutos apresentam capacidade antioxidante, na inibição e no sequestro de radicais livres (Rufino *et al.* 2009b). Curiosamente, também, a terapia e a dieta, sob orientação médica, com alimentos que apresentam propriedades antioxidantes são recomendadas para a prevenção e o retardamento de doenças cardíacas (Montera 2007).

Os frutos são consumidos *in natura* ou na forma de sucos (Eichemberg *et al.* 2009; Zuchiwschi *et al.* 2010; Siminski *et al.* 2011; Siviero *et al.* 2011); contudo, conforme dito anteriormente, há registro de seu uso na forma medicinal, relacionado a crenças e a misticismo e na cura de doenças cardíacas (Keller 2003). As uvaías, ou ubaias, contêm considerável quantidade de ácido ascórbico, principalmente quando comparadas com outras frutas ácidas como a laranja e o maracujá (Quináia & Ferreira 2007). O ácido ascórbico além de realçar o sabor azedo das frutas é importante fonte nutricional humana e potente antioxidante (Scherer *et al.* 2008). Este ácido, assim como o cítrico e o málico, acentua o sabor azedo das frutas (Aroucha *et al.* 2010), de onde pode ter-se originado o nome dado pelos indígenas ao fruto da *Eugenia pyriformis*, como será descrito adiante.

Registros históricos da existência da uvaia

A história da uvaia (Figura G) começa já nas primeiras expedições marítimas realizadas à América durante a Idade Moderna (século XVI ao XVIII) que permitiram aos exploradores e viajantes europeus o contato com as plantas “incultas” utilizadas pelos ameríndios. Em 1587, foram enviados os primeiros missionários ao Paraguai e ao norte do atual estado do Paraná, região denominada Província de Guairá (Aguilar 2002), na qual habitavam os índios guaranis (Brandão 1990; Aguilar 2002) e para as quais há registros de ocorrência natural da *Eugenia pyriformis* (Legrand & Klein 1969). Anos mais tarde, em 1611, o sacerdote jesuíta Antonio Ruiz de Montoya integrou-se às missões da Província de Guairá. Montoya teve grande importância na evangelização dos índios guaranis, escreveu a primeira gramática da língua guarani e foi também o principal responsável pela preservação de sua cultura (Aguilar 2002). Os guaranis são comunidades que ainda nos dias atuais utilizam a *Eugenia pyriformis* (Keller 2003). Contudo, a proximidade entre a planta uvaia e os guaranis foi registrada já no século XVII, no idioma guarani antigo, no “Tesoro de la

Lengva Gvarani”. Neste, Montoya menciona “*Ībá haî, vna fruta agria conocida*” (Figura 1F), ou seja, uma fruta azeda ou ácida conhecida (Montoya 1639, p.165).

O termo ‘ybaaîa (‘YBÁ: fruto, fruta; AÎ: azedo; A: sufixo usado para formar substantivos) surge já em 1621 no “Vocabulário da Língua Brasileira”, um manuscrito do jesuíta Leonardo do Valle (publicado apenas no século XX), mas, provavelmente, apenas para destacar a característica das frutas azedas laranja e limão (Valle 1952), que haviam sido introduzidas no Brasil.

No entanto, considerando-se o período de publicação das obras dos jesuítas, a distribuição geográfica da *E. pyriformis*, a localização dos guaranis e o local de atuação das missões evangelizadoras, há indícios de que o termo *uvaia* pudesse ser atribuído, entre outras espécies, à *Eugenia pyriformis*.

Desse período até o final do século XVII não foram encontrados registros da presença da uvaia, exceto talvez na obra do Frei Antônio do Rosário, pois esse missionário apostólico esteve na Ordem dos Frades Menores, no Brasil, mais especificamente em Olinda e na Bahia entre 1686 e 1704 (Biron 2009). A uvaia volta a ser mencionada em 1702, na obra “Frutas do Brasil Numa Nova, e Ascetica Monarchia, Consagrada à Santissima Senhora do Rosario” do mesmo Frei Antônio do Rosário:

“Ubaia tem a casca como avelã, a massa de dentro he como casco de cebola, ao redor do carocinho algum tanto azeda, mas gostosa” (Rosário [1702], 2002, p.151)¹.

A partir daí, encontra-se a uvaia retratada em diversas obras literárias, principalmente as de José de Alencar, tais como ‘O Guarany’ (1857), ‘Iracema’ (1865) e ‘Ubirajara’ (1874), apresentadas a seguir:

(O Guarany) “Deixando seu companheiro distraído com a sua obra, chegou á beira do rio e sentou-se junto de uma moita de uvaia, á qual estava amarrada a canoa” (Alencar [1857], 1864, p.303-304)¹.

(Iracema) “A filha de Araken estava além, entre as verdes moitas de ubaia, sentada na relva” (Alencar [1865], 1878, p.165)¹.

(Ubirajara) “Os veados saltam das moitas de ubaia e vem retouçar na gramma, zombando do caçador” (Alencar 1874, p.7)¹.

A palavra aparece ainda na obra “Histórias Brasileiras”, no conto “Irecê a Guaná”, de Alfredo D’Escragno Taunay (1874), no poema “Natureza Morta”, de Guilherme de Almeida (1925) e na canção “Bendito o Fruto”, de Glorinha Gadelha e Paulinho Tapajós (1981), como podemos observar a seguir em trechos delas:

(Irecê a Guaná) “A essa hora, Irecê tinha por costume esperal-o com uma cestinha de fructas da terra, bananas, mamões, e jaracatiás, ou outros mais incultos como o mureci dos cerrados, a marmelada do campo, a guabiroba ou a uvaia, que, apesar do sabor agreste agradão bastante ao paladar” (Taunay 1874, p.33)¹.

(Natureza Morta) “Há um gosto áspero de ananases e um brilho fosco de uvaia flácidas e um aroma adstringente de cajus, de pálidas carambolas de âmbar desbotado e um estalo oco de jabuticabas de polpa esticada e um fogo bravo de tangerinas” (Almeida 1925, p.74).

(Bendito o Fruto) “Por ordem de Deus/ Vão mandar desembarcar cajá madura/ Que os homens daqui/ Compram terra pra plantar arquitetura/ Lima oití cará/ Pra fumaça desse ar mudar de cheiro/ Murta catolé/ Por aqui parece até fruto estrangeiro/ Ubaia, manga, caroba; Peroba, piquí e juá” (Gadelha & Tapajós 1981).

¹Informações obtidas do “Dicionário histórico das palavras portuguesas de origem tupi” (Cunha, 1998, p.304).

Ao observarmos os trechos desses romances e poemas, notamos algumas variações na ortografia da palavra, ora utilizando-se a forma *ubaia* ora *uvaia*. Do ponto de vista fonético, trata-se de variação de uma oclusiva bilabial e sonora [b] numa fricativa labiodental sonora [v] (Gogoi 2006). Tais mudanças são consideradas de caráter regional, ou seja, dependendo da região a planta é conhecida como *ubaia* ou *uvaia*.

As migrações da uvaia pelo Brasil

Há indícios de que a disseminação da uvaia (*Eugenia pyriformis*) pelo Brasil tenha-se dado também pela ação antrópica. É possível que sua disseminação tenha-se iniciado a partir das regiões de ocorrência dos guaranis, conforme os registros do jesuíta Montoya e sua ocorrência natural, ou seja, bacia do Paraná-Paraguai, hoje Sul do Brasil (Legrand & Klein 1969; Brandão 1990).

A partir dessas regiões, por meio de informações do romance “Iracema” de José de Alencar e por meio de obra e biografia de Alfredo D’Escragnolle Taunay, autores que registraram em suas obras a presença da uvaia nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, é possível que a disseminação dessa espécie tenha-se dado para essas regiões pelas expedições realizadas por tropeiros e militares, algo que ocorreu intensamente no período colonial e foram retratadas nas obras de Alencar e de Taunay.

Da obra de Alencar, verifica-se a presença da uvaia na região Nordeste, e seu possível contato com personagens que representaram “símbolos da virgem terra americana e do civilizador branco europeu”, visto que o capitão Martim Soares Moreno, militar responsável pela conquista e fundação do atual estado do Ceará em 1612, foi também personagem do romance “Iracema” (Alencar 1878), onde inspirou o idealizado amor da índia Iracema (Silva 2009).

Da biografia e obra de Taunay, verifica-se a presença dessa espécie na região Centro-Oeste, pois, aquele, também conhecido como *Visconde de Taunay*, foi militar e esteve presente nessa região, mais especificamente no estado do Mato Grosso do Sul, onde participou da guerra do Paraguai. Viveu em tribos indígenas e estudou e descreveu os costumes indígenas e do sertanejo local (Nascimento 2008). Foi em sua passagem por essas regiões, no seu conto “Irecê a Guaná” (Taunay 1874) que Taunay relatou o contato do homem com plantas silvestres como a uvaia.

Conforme descrições em obras de Alencar e Taunay, a uvaia esteve ao redor de militares e indígenas, personagens da história de conquista e expansão do Brasil, o que sugere um possível contato e contribuição na sua disseminação.

Por fim, verifica-se que as descrições etimológicas ocorrentes sobre o termo *uvaia* e suas citações em obras literárias são referentes ao uso alimentar de seus frutos, prevalecendo entre comunidades tradicionais de diversas regiões do Brasil (Eichemberg *et al.* 2009; Zuchiwschi *et al.* 2010; Siminski *et al.* 2011; Siviero *et al.* 2011). Sendo assim, podemos sugerir que a participação do homem na disseminação da uvaia (*Eugenia pyriformis*) ocorreu em função da busca por plantas que suprissem suas necessidades alimentares.

Considerações finais

A uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess.) provavelmente iniciou sua trajetória na região compreendida, hoje, entre o norte do Paraná e o Paraguai, onde viviam os Guaranis. De lá foi dispersa pelas diferentes regiões do Brasil onde, em contato com a língua tupi, ganhou o nome 'ybaaîa, que no transcorrer das gerações chegou a *uvaia* ou *ubaia*, dependendo da pronúncia de cada região. Inicialmente utilizada como fonte alimentar e medicinal, hoje demonstra potencial para as mais variadas finalidades, inclusive a científica. Esse importante patrimônio de nossa biodiversidade vegetal pode e deve ser preservado, valorizado e conhecido por todos os nativos do Brasil, para que cada vez mais se demonstre o cuidado que se deve ter com a história, com a cultura, com os costumes e com o patrimônio de uma nação.

Agradecimentos

Os autores agradecem e dedicam *in memoriam* a Dra. Sonia Machado de Campos Dietrich (IBt/SP), pelas valiosas sugestões ao manuscrito. À CAPES pela bolsa concedida a E.V. Lamarca (Doutorado) e ao CNPq pela bolsa de produtividade concedida a C.J. Barbedo.

Referências bibliográficas

- Aguilar, J. C.** 2002. Conquista espiritual - A história da evangelização da província Guairá na obra de Antonio Ruiz de Montoya, S.I. (1585-1652). Editrice Pontificia Università Gregoriana, Roma. 542p.
- Alencar, J.** 1864. O Guarany (1857). Romance Brasileiro. 2ª(ed.). Rio de Janeiro, B. L. Garnier, Livreiro-Editor, v.2.
- Alencar, J.** 1874. Ubirajara: lenda tupy. Rio de Janeiro, B. L. Garnier, Livreiro-Editor.
- Alencar, J.** 1878. Iracema (1865). Lenda do Ceará. 3ª(ed.). Rio de Janeiro, B. L. Garnier, Livreiro-Editor.
- Almeida, G.** 1925. Meu. São Paulo, Tipografia Paulista de José Napoli e Cia.
- Amador, A.S. & Barbedo, C.J.** 2011. Potencial de inibição da regeneração de raízes e plântulas em sementes germinantes de *Eugenia pyriformis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46: 814-821.
- Andrade, R.N. & Ferreira, A.G.** 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista Brasileira de Sementes 22: 118-125.
- Apel, M.A., Sobral, M., Schapoval, E.E.S. & Henriques, A.T.** 2004. Chemical composition of the essential oils of *Eugenia beaurepaireana* and *Eugenia pyriformis*: section dichotomae. Journal Essential Oil Research 16: 191-192.
- Armstrong, L., Duarte, M.R. & Miguel, O.G.** 2012. Morpho-anatomy of the leaf and stem of *Eugenia pyriformis*. Revista Brasileira de Farmacognosia 22: 475-481.
- Aroucha, E.M.M., Gois, V.A., Leite, R.H.L., Santos, M.C.A. & Souza, M.S.** 2010. Acidez em frutas e hortaliças. Revista Verde 5: 01-04.
- Biron, B.R.R.** 2009. Frutas do Brasil: Uma alegoria do novo mundo. Revista do Núcleo de Estudos de Literatura Portuguesa e Africana da UFF 2: 47-57.
- Brandão, C.R.** 1990. Os Guarani: índios do Sul - religião, resistência e adaptação. Estudos Avançados 4: 53-90.

- Cunha, A.G.** 1998. Dicionário histórico das palavras portuguesas de origem tupi. 4ª(ed.). São Paulo, Companhia Melhoramentos; Brasília: Universidade de Brasília.
- Delgado, L.F. & Barbedo, C.J.** 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42: 265-272.
- Delgado, L.F., Mello, J.I.O. & Barbedo, C.J.** 2010. Potential for regeneration and propagation from cut seeds of *Eugenia* (Myrtaceae) tropical tree species. Seed Science and Technology 38: 624-634.
- Eichemberg, M.T., Amorozo, M.C.M. & Moura, L.C.** 2009. Species composition and plant use in old urban homegardens in Rio Claro, Southeast of Brazil. Acta Botanica Brasilica 23: 1057-1075.
- Gadelha, G. & Tapajós, P.** 1981. Bendito o fruto. Intérprete: Glorinha Gadelha. In: Glorinha Gadelha. Bendito o Fruto. Som Indústria e Comércio S.A. (Discos Copacabana), p1981. 1 disco sonoro, Lado A, faixa 1 (3 min 03 s).
- Godoi, E.** 2006. O vocabulário indianista e ideológico de José de Alencar. Linguagem: Estudos e Pesquisas 1: 84-100.
- Gressler, E., Pizo, M.A. & Morellato, P.C.** 2006. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. Revista Brasileira de Botânica 29: 509-530.
- Justo, C.F., Alvarenga, A.A., Alves, E., Guimarães, R.M. & Strassburg, R.C.** 2007. Efeito da secagem, do armazenamento e da germinação sobre a micromorfologia de sementes de *Eugenia pyriformis* Camb. Acta Botanica Brasilica 21: 539-551.
- Keller, H.A.** 2003. La doctrina de la signatura en una comunidad Mbya Guaraní de San Pedro, Misiones, Argentina. Disponível em: <<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/.../B-001.pdf>>. Acesso em 08 de maio de 2012.
- Lamarca, E.V., Silva, C.V. & Barbedo, C.J.** 2011. Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) nativas do Brasil. Acta Botanica Brasilica 25: 293-300.

- Legrand, D.C. & Klein, R.M.** 1969. Mirtáceas. *In*: R. Reitz (ed.). Flora ilustrada catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- Montera, V.S.P.** 2007. Benefícios dos nutrientes antioxidantes e seus cofatores no controle do estresse oxidativo e inflamação na insuficiência cardíaca. *Revista da Socerj* 20: 20- 27.
- Montoya, A.R.** 1639. Tesoro de la lengua gvarani. Madrid, Iuan Sanchez. Disponível em: <http://www.brasiliana.usp.br/bbd/handle/1918/01184400#page/1/mode/1up>. Acesso em 14 de agosto de 2012.
- Nascimento, N.A.** 2008. Do sertanejo à Campanha imigratória: imagens do Brasil pelo Visconde de Taunay. *Revista de História Regional* 13: 170-190.
- Oliveira, E.N.A., Santos, D.C., Sousa, F.C., Martins, J.N. & Oliveira, S.P.A.** 2010. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. *Revista Brasileira de Tecnologia. Agroindustrial* 04: 235-242.
- Pegoraro, A. & Ziller, S.R.** 2003. Valor apícola das espécies vegetais de duas fases sucessionais da floresta ombrófila mista, em União da Vitória Paraná - Brasil. *Boletim de Pesquisa Florestal* 47: 69-82.
- Quináia, S.P. & Ferreira, M.** 2007. Determinação de ácido ascórbico em fármacos e sucos de frutas por titulação espectrofotométrica. *Revista Ciências Exatas e Naturais* 9: 41-50.
- Romagnolo, M.B. & Souza, M.C.** 2006. O gênero *Eugenia* L. (Myrtaceae) na planície de alagável do Alto Rio Paraná, estados de Mato Grosso do Sul e Paraná, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 20: 529-548.
- Rosário, A.** 2002. Frutas do Brasil numa nova, e ascetica Monarchia, consagrada à Santissima Senhora do Rosario. Apresentação Ana Hatherly. Fac-símile da edição de Lisboa: António Pedroso Galvão, 1702. Biblioteca Nacional, Lisboa. 28 + 208p.
- Rufino, M.S.M., Alves, R.E., Brito, E.S., Silveira, M.R.S. & Moura, C.F.H.** 2009a. Quality for fresh consumption and processing of some non-traditional tropical fruits from Brazil. *Fruits* 64: 361-370.

- Rufino, M.S.M., Fernandes, F.A.N., Alves, R.E. & Brito, E.S.** 2009b. Free radical-scavenging behaviour of some north-east Brazilian fruits in a DPPH^{*} system. *Food Chemistry* 114: 693–695.
- Ruschel, A.R., Nodari, E.S., Guerra, M.P. & Nodari, R.O.** 2003. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da floresta estacional decidual do Alto-Uruguai, SC. *Ciência Florestal* 13: 153-166.
- Scalon, S.P.Q., Neves, E.M.S., Maseto, T.E. & Pereira, Z.V.** 2012. Sensibilidade à dessecação e ao armazenamento em sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. (uvaia). *Revista Brasileira de Fruticultura* 34: 269-276.
- Scherer, R., Rybka, A.C.P. & Godoy, H.T.** 2008. Determinação simultânea dos ácidos orgânicos tartárico, málico, ascórbico e cítrico em polpas de acerola, açaí e caju e avaliação da estabilidade em sucos de caju. *Química Nova* 31: 1137-1140.
- Silva, C.V., Bilia, D.A.C., Maluf, A.M. & Barbedo, C.J.** 2003. Fracionamento e germinação de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess. – Myrtaceae) *Revista Brasileira de Botânica* 26: 213-221.
- Silva, O.C.** 2009. Outra “nota à Iracema”: o corpo escrito de Martim. *Revista de Letras* 29: 101-105.
- Siminski, A., Santos, K.L.S., Fantini, A.C. & Reis, M.S.** 2011. Recursos florestais nativos e a agricultura familiar em Santa Catarina – Brasil. *Bonplandia* 20: 371-389.
- Siviero, A., Delunardo, T.A., Haverroth, M., Oliveira, L.C. & Mendonca, A.M.S.** 2011. Cultivo de espécies alimentares em quintais urbanos de Rio Branco, Acre, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 25: 549-556.
- Stefanello, M.E.A., Pascoal, A.C.R.F. & Salvador, M.J.** 2011. Essential oils from neotropical Myrtaceae: chemical diversity and biological properties. *Chemistry & Biodiversity* 8: 73-94.
- Stefanello, M.E.A., Wisniewski Jr, A., Simionatto, E.L. & Cervi, A.C.** 2009. Composição química e variação sazonal dos óleos essenciais de *Eugenia pyriformis* (Myrtaceae). *Latin American Journal of Pharmacy* 28: 449-53.

- Stieven, A.C., Moreira, J.J.S. & Silva, C.F.** 2009. Óleos essenciais de uvaia (*Eugenia pyriformis* Cambess): avaliação das atividades microbiana e antioxidante. *Eclética Química* 34: 7-13.
- Taunay, A.E.** 1874. *Historias Bazileiras*, por Sylvio Dinarte (Autor da Mocidade de Trajano, Lagrimas do Coração, Innocencia, etc.), Editor - B. L. Garnier, Rio de Janeiro.
- Teixeira, C.C. & Barbedo, C.J.** 2012. The development of seedlings from fragments of monoembryonic seeds as an important survival strategy for *Eugenia* (Myrtaceae) tree species. *Trees* 26: 1069-1077.
- Valle, L.** 1952. Vocabulário na Língua Brasílica. (2^a ed. revista e confrontada com o Ms. fg. 3144 da Biblioteca Nacional de Lisboa por Carlos Drummond). Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Boletim n.137, Etnografia e Tupi-Guarani, n.23. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Vizzotto, M.** 2006. Fitoquímicos em pitanga (*Eugenia uniflora* L.): seu potencial na prevenção e combate à doenças. *In*: L.E.C. Antunes & M.C.B. Raseira (orgs.). III Simpósio nacional do morango e II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul. EMBRAPA, Pelotas, pp. 29-34.
- Zuchiwschi, E., Fantini, A.C., Alves, A.C. & Peroni, N.** 2010. Limitações ao uso de espécies florestais nativas pode contribuir com a erosão do conhecimento ecológico tradicional e local de agricultores familiares. *Acta Botanica Brasilica* 24: 270-282.

CAPÍTULO II

Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) nativas do Brasil

Artigo publicado na Revista Acta Botanica Brasilica (25(2) 293 – 300. 2011)

ISSN 0102-3306

(formatação nas normas da revista)

Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) nativas do Brasil

Edmir Vicente Lamarca¹, Cristiana Vendrame e Silva², Claudio José Barbedo³

¹Instituto de Botânica, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente, Av. Miguel Stéfano 3687, 04301-012 São Paulo, SP, Brasil. Autor para correspondência: lamarcabio@ig.com.br

²Incotec América do Sul Ltda. - Tecnologia em Sementes, Rua das Sementes 291, 13825-000 Holambra, São Paulo, SP, Brasil.

³Instituto de Botânica, Núcleo de Pesquisa em Sementes. Bolsista CNPq.

RESUMO – (Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) nativas do Brasil). A germinação das sementes é dependente de numerosos fatores abióticos, dentre os quais a temperatura figura entre os principais. No presente estudo analisou-se o comportamento germinativo de sementes de *E. brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* e *E. uniflora* em resposta a diferentes condições de luz e temperatura, incluindo-se o cálculo da soma térmica durante o desenvolvimento e maturação das sementes. Os resultados demonstraram que a germinação de sementes e o desenvolvimento de plântulas normais ocorreram adequadamente na faixa de 20°C a 30°C. Nessa faixa, as sementes foram indiferentes à luz e à alternância de temperatura para a germinação. Especificamente para *Eugenia pyriformis*, avaliaram-se temperaturas superiores a 30°C e inferiores a 20°C, verificando-se que as sementes germinaram na faixa térmica de 10°C a 35°C, mas não a 5°C e a 40°C; os maiores valores de germinação e de IVG foram observados a 25°C e 30°C. Ficou evidente que a secagem modifica os limites e exigências térmicas para a germinação das sementes de *E. pyriformis*, uma vez que os maiores níveis de desidratação resultaram em maiores prejuízos à germinação fora da faixa térmica ótima. As sementes de *E. pyriformis* coletadas em Lavras, MG, que receberam maior quantidade de graus-dia durante o desenvolvimento e a maturação, apresentaram melhor desempenho em relação às sementes coletadas em Campinas, SP e em São Paulo, SP.

Palavras-chave: graus-dia, luz, Myrtaceae, temperatura.

ABSTRACT – (Thermal requirements for the seeds of Brazilian species of *Eugenia* (Myrtaceae) according to their origin). Seed germination is dependent on several abiotic factors including temperature. In this study we analyzed the germination of seeds of *Eugenia brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* and *E. uniflora* in response to different conditions of light and temperature. Seeds of all species showed high germination values from 20 to 30 °C. Germination of seeds of *E. Pyriformis* was also evaluated at temperatures higher than 30°C and lower than 20°C. The germination and the normal seedling development occurred from 10°C to 35°C, not at 5°C and 40°C. Results also showed that desiccation changed the limits for germination in *E. Pyriformis* since the most dehydrated seeds had the highest damaged in germination at suboptimal temperatures. Thermal time during development and maturation of seeds was also considered. The seeds of *E. pyriformis* from Lavras, MG, which received the greatest number of degree-days during development and maturation, showed better performance than the seeds from Campinas, SP and São Paulo, SP.

Keywords: degree-day, light, Myrtaceae, temperature.

Introdução

A regeneração da maioria das espécies arbóreas em florestas tropicais ocorre por intermédio de sementes. Dessa forma, o conhecimento de aspectos ecológicos e fatores ambientais sobre os mecanismos envolvidos na germinação pode contribuir para a compreensão da distribuição geográfica das espécies (Harper 1977; Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1990).

A germinação das sementes é dependente de numerosos fatores abióticos, como luz, temperatura, disponibilidade hídrica e concentração de oxigênio (Mayer & Poljakoff-Mayber 1989). A luz nem sempre é um fator limitante para a germinação e, para algumas espécies, essa germinação pode ainda ser fortemente influenciada pela temperatura (Smith 1975). O estudo da dependência da temperatura na germinação de uma espécie inclui a determinação da amplitude térmica, da temperatura ótima e das temperaturas extremas para a germinação e para o desenvolvimento inicial das plântulas.

Sementes de florestas tropicais do Brasil podem germinar em ampla faixa térmica, dependendo do bioma e da região e parecem apresentar uma relação positiva entre a temperatura ótima e o regime térmico da região de sua ocorrência natural (Borghetti 2005). A faixa térmica adequada para a germinação de sementes de espécies tropicais está, frequentemente, entre 20 e 30°C (Borges & Rena 1993; Bilia *et al.* 1998; Santos *et al.* 2004; Mello & Barbedo 2007; Stockman *et al.* 2007; Coelho *et al.* 2008; Cardoso & Pereira 2009; Pires *et al.* 2009; Pimenta *et al.* 2010). Contudo, podem ocorrer variações até dentro da mesma espécie, provavelmente devido à variação de fatores ambientais, principalmente a temperatura do ar, tipicamente relatada como acúmulo de graus-dia.

A família Myrtaceae, com grande ocorrência nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, é representada por mais de 1000 espécies. O gênero *Eugenia*, com mais de uma centena de espécies, compreende algumas nativas do Brasil de grande importância econômica, como *Eugenia brasiliensis* Lam. (grumixama), *Eugenia involucrata* DC., (cereja-do-rio-grande), *Eugenia pyriformis* Camb. (uvaia) e *Eugenia uniflora* L. (pitanga). São espécies que produzem frutos carnosos, de coloração amarela e vermelha, geralmente com poucas sementes (1-3). A dispersão de suas sementes, na maioria das vezes, ocorre por aves e mamíferos (Gressler *et al.* 2006) e as sementes apresentam comportamento recalcitrante, com diferentes níveis de tolerância à dessecação (Delgado & Barbedo 2007).

Apesar de grande representatividade e importância ecológica do gênero *Eugenia*, há poucas informações sobre a germinação de suas sementes. No presente estudo analisou-se o comportamento germinativo de sementes de *E. brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* e *E.*

uniflora em resposta a diferentes condições de luz e temperatura, incluindo-se o cálculo da soma térmica durante o desenvolvimento e maturação das sementes.

Material e Métodos

Material vegetal – sementes de *Eugenia brasiliensis* Lam., *Eugenia involucrata* DC., *Eugenia pyriformis* Camb. e *Eugenia uniflora* L. foram obtidas de frutos maduros coletados de matrizes localizadas no Instituto de Botânica, São Paulo, SP (23°39'S, 46°37'O), na Reserva Biológica e Estação Experimental de Mogi-Guaçu, em Mogi-Guaçu, SP (22°15'S, 47°10'O), na Fazenda Santa Elisa, Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP (22°52'S, 47°04'O) e no município de Lavras, MG (21°13'S, 44°59'O). As sementes foram extraídas manualmente e armazenadas em câmara fria a 7°C até o início dos experimentos, não excedendo sete dias (Barbedo *et al.* 1998; Andrade & Ferreira 2000).

Determinações físicas – As sementes foram caracterizadas, inicialmente, quanto ao teor de água e conteúdo de massa seca. Ambos foram determinados gravimetricamente, pelo método de estufa a 103°C por 17 horas (ISTA 1985), sendo os resultados apresentados em porcentagem, em base úmida, para teor de água e em g.semente⁻¹, para massa seca (Brasil 2009).

Temperatura e luz na germinação – Para este experimento, foram utilizadas sementes de *E. brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* e *E. uniflora* colhidas no Instituto de Botânica. O teste de germinação foi conduzido em caixas do tipo gerbox, transparentes para os tratamentos com presença de luz e pretos para os de ausência de luz. O preenchimento dessas caixas foi com vermiculita, umedecida com 75ml de água. As sementes foram submetidas a diferentes regimes térmicos e luminosos durante a germinação. Para tanto, foram utilizadas câmaras do tipo BOD reguladas a 20°C, 25°C e 30°C, para temperaturas constantes e 20-30°C e 20-35°C, para alternadas.

As avaliações de germinação foram realizadas semanalmente, durante 80 dias sendo registradas as sementes que emitiram raiz primária (para o cálculo de germinação) e as que produziram plântulas normais (para o cálculo de desenvolvimento de plântulas normais). Foi calculado, ainda, o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962). No caso dos tratamentos de escuro, as avaliações foram realizadas sob luz verde de segurança (Amaral-Baroli & Takaki 2001).

Alterações na exigência térmica para germinação em função do material vegetal – sementes de *E. pyriformis*, coletadas em Mogi-Guaçu, foram separadas em função do estágio de dispersão, sendo então colocadas para germinar em diferentes temperaturas. Sementes coletadas diretamente das árvores, de frutos maduros foram classificadas como pré-dispersas, enquanto as coletadas após

queda natural, como recém dispersas. O teste de germinação foi realizado nos cinco regimes térmicos descritos anteriormente.

Em uma segunda colheita (Instituto de Botânica, São Paulo, SP), sementes recém dispersas foram submetidas a dois níveis de secagem, utilizando-se estufa com circulação forçada de ar; as sementes foram dispostas em prateleiras forradas com tela de polietileno, em camadas simples sem sobreposição (Delgado & Barbedo 2007). A secagem foi intermitente, com 10 horas a $40 \pm 1^\circ\text{C}$ seguidas de 14 horas de repouso. Neste último ciclo, a temperatura mínima atingida foi 25°C . Este processo foi repetido até que as sementes atingissem 60% e 53% de água. O teste de germinação das sementes desses dois teores de água foi realizado em câmaras do tipo BOD reguladas para 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C , na ausência de luz, com as sementes colocadas em rolo de papel germitest, com duas folhas para base e uma para cobertura (Brasil 2009).

Soma térmica na germinação – Sementes de *E. pyriformis* de Lavras, MG, Campinas, SP e São Paulo, SP foram colocadas para germinar sob oito regimes térmicos (5, 10, 15, 20, 25, 30, 35 e 40°C). O teste de germinação foi conduzido conforme descrito anteriormente para o estudo de secagem na germinação.

A soma térmica foi calculada em graus-dia, acumulados desde a antese até a dispersão natural das sementes. Para tanto, inicialmente inflorescências foram marcadas no período de máximo florescimento da espécie. Os frutos e sementes foram colhidos imediatamente após a dispersão, quando apresentaram coloração característica para a espécie.

O somatório de graus-dia (GD) foi realizado desde a antese até a coleta, segundo as seguintes equações, propostas por Villa Nova *et al.* (1972):

$$\text{GD} = (T_m - T_b) + (T_M - T_m)/2, \text{ para } T_m > T_b;$$

$$\text{GD} = (T_M - T_b)^2 / 2(T_M - T_m), \text{ para } T_m < T_b \text{ e}$$

$$\text{GD} = 0, \text{ para } T_b > T_M.$$

Em que:

GD = graus-dia ($^\circ\text{C d}$);

T_M = temperatura máxima diária ($^\circ\text{C}$);

T_m = temperatura mínima diária ($^\circ\text{C}$) e

T_b = temperatura base ($^\circ\text{C}$).

Os graus-dia acumulados foram calculados considerando-se a temperatura base de 10°C , conforme descrito em Pedro Júnior (1977). Os dados climáticos foram obtidos das estações meteorológicas da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, do Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP e do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

Delineamento experimental e procedimento estatístico – O delineamento experimental para todos os experimentos foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial associando-se luz x temperatura (2 x 5), tipo de colheita x temperatura (2 x 5), nível de secagem x temperatura (2 x 8) e local de coleta x temperatura (3 x 8). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), ao nível de 5% de probabilidade. Quando pertinente, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% (Santana & Ranal 2004).

Resultados e Discussão

Temperatura e luz na germinação – A análise de variância para os dados de germinação (não apresentados), plântulas normais (Fig. 1) e IVG (Fig. 2) não apresentou interação significativa entre os fatores luz e temperatura para as sementes de *E. brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* e *E. uniflora*. A germinação (na faixa de 20 a 30°C e nas alternadas 20/30 e 20/35°C) não apresentou diferenças significativas, sendo a média geral, para todas as espécies, temperaturas e regimes de luz, de 98%.

Os resultados demonstraram que as sementes de *Eugenia* germinam e desenvolvem plântulas normais adequadamente na faixa de temperatura de 20°C a 30°C e que são indiferentes à luz e à alternância de temperatura. Contudo, a 30°C as sementes de *E. brasiliensis* e de *E. uniflora* germinaram mais rapidamente que nas demais temperaturas (Fig. 2A, D). Essa faixa térmica (20°C a 30°C) também foi adequada para a germinação de sementes de outras espécies de *Eugenia*, como *E. rostrifolia* Legr, (Santos *et al.* 2004) e *E. pleurantha* O. Berg. (Masetto *et al.* 2009). Limites térmicos similares para a germinação de sementes de diferentes espécies dentro do mesmo gênero também foram observados em *Caesalpinia* (Ferraz-Grande & Takaki 2006; Mello & Barbedo 2007), *Phoenix* (Iossi *et al.* 2003; Pimenta *et al.* 2010) e *Tabebuia* (Oliveira *et al.* 2005; Stockman *et al.* 2007), sugerindo uma forte determinação filogenética.

Alterações na exigência térmica para germinação em função do material vegetal – não houve interação significativa entre estágio de dispersão e temperaturas de germinação para as variáveis germinação, desenvolvimento de plântulas normais e índice de velocidade de germinação. As sementes de *Eugenia pyriformis* recém dispersas apresentaram valores ligeiramente mais elevados para desenvolvimento de plântulas normais e para índice de velocidade de germinação (respectivamente, 98% e 0,554) do que as pré-dispersas (respectivamente, 94% e 0,517).

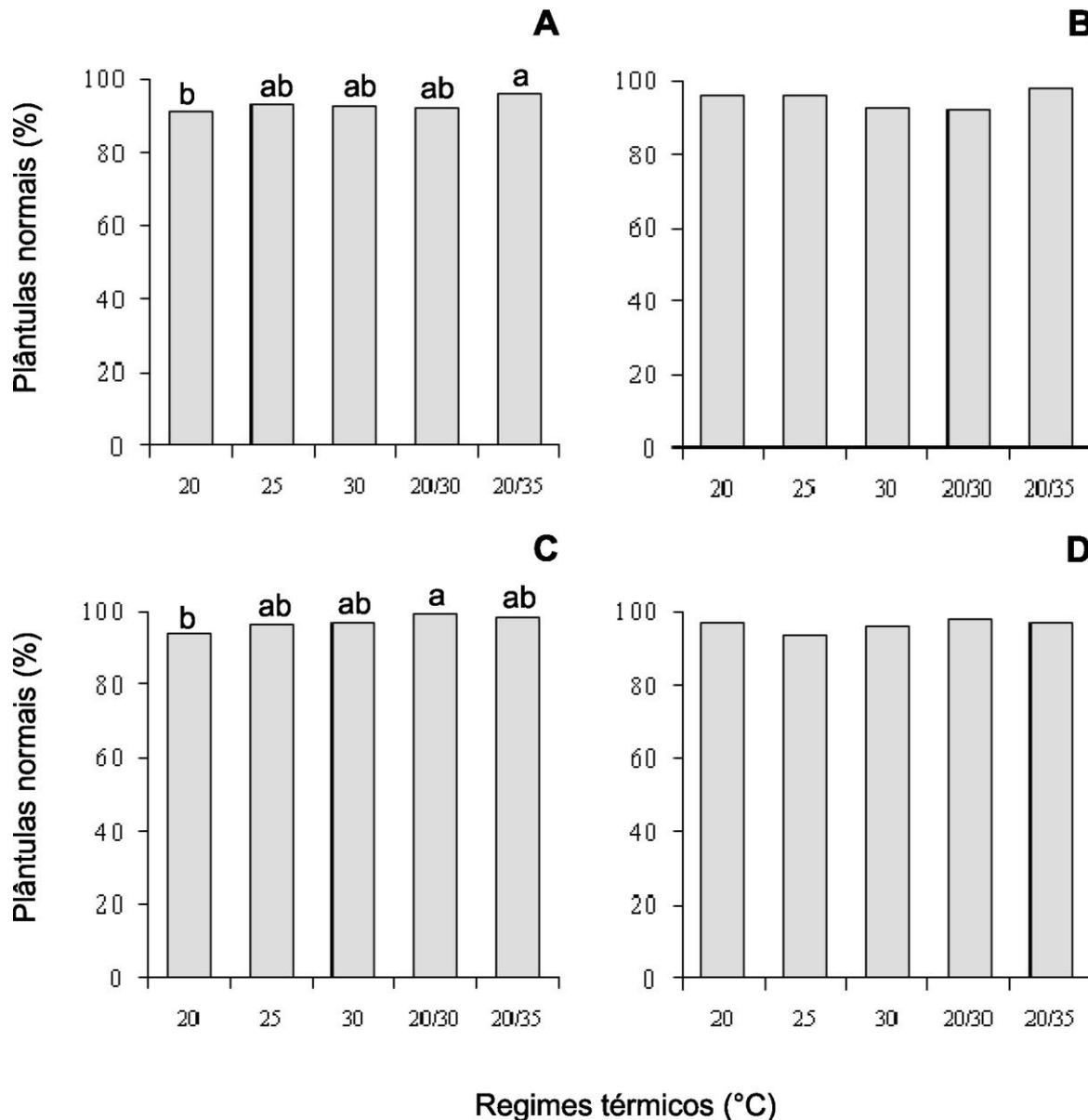


Figura 1. Desenvolvimento de plântulas normais durante o teste de germinação de sementes de *E. brasiliensis* (A), *E. involucrata* (B), *E. pyriformis* (C) e *E. uniflora* (D), sob diferentes regimes térmicos. Colunas com a mesma letra ou sem letras não apresentam diferenças significativas (Tukey 5%).

Considerando-se as médias dos dois estádios de dispersão, verificou-se que a secagem das sementes de *E. pyriformis*, levando o teor de água de 68% para 60% e 53%, causou danos na germinação e no desenvolvimento (Fig. 3B, D), semelhante ao verificado em sementes de *Eugenia involucrata* DC. (Barbedo *et al.* 1998). De acordo com Delgado & Barbedo (2007), sementes de *Eugenia* são sensíveis à secagem; contudo, verificou-se existirem níveis distintos de tolerância à dessecação entre as sementes das diferentes espécies desse gênero, as de *E. pyriformis* estando entre as mais sensíveis. Ainda segundo esses autores, sementes de *E. pyriformis* iniciam a perda da

viabilidade em teor de água superior e próximo a 65%, conforme também verificado no presente estudo.

Em relação às exigências térmicas, verificou-se que houve prejuízo principalmente para a velocidade da germinação (Fig. 3F). Além disso, ficou evidente que esse prejuízo foi maior quando as sementes foram submetidas à maior secagem. Assim, na temperatura de 25°C a desidratação das sementes não causou tanto dano quando comparada, por exemplo, com 15°C (Fig. 3B). Considerando-se todas as faixas térmicas estudadas, as temperaturas limítrofes, respectivamente máxima e mínima, parecem estar entre 5°C e 10°C e entre 35°C e 40°C (Fig. 3B, D, F), uma vez que a 5 e a 40°C não houve resposta germinativa. Nas duas situações de dispersão e nos dois níveis de secagem a faixa térmica considerada adequada para germinação foi a mesma, ou seja, entre 25°C e 30°C.

Soma térmica na germinação – A análise de variância apresentou interação significativa entre locais de coleta e temperaturas, para os dados de germinação, plântulas normais e IVG (Fig. 4).

Na faixa de 15°C a 30°C não houve diferenças significativas, para germinação, entre as regiões de coleta das sementes (Fig. 4A), mas houve para desenvolvimento de plântulas normais e para IVG (Fig. 4B, C). Entre as regiões observou-se melhor desempenho para as sementes de Lavras, principalmente para plântulas normais e IVG. Tal comportamento pode ter ocorrido em função dos graus-dia acumulados durante o desenvolvimento e maturação. Pela Tab. 1 nota-se que as sementes de Lavras receberam 495 graus-dia (GD) durante o desenvolvimento e maturação, cerca de 40 GD a mais que as sementes de Campinas e São Paulo, que receberam respectivamente 456 e 458 GD (Tab. 1). O aumento no somatório de GD provavelmente proporcionou maiores valores no acúmulo de matéria seca e leve redução no teor de água para as sementes de Lavras em relação às demais (Tab. 1). Essas relações também foram observadas por Daws *et al.* (2004; 2006), correspondendo com às fases II e III do processo de desenvolvimento de sementes, caracterizadas pelo acúmulo de reservas e aumento progressivo da massa seca, seguido de redução no teor de água (Castro *et al.* 2004).

Os maiores valores de germinação apresentados pelas sementes de Lavras nas temperaturas extremas podem estar associados à adaptabilidade da espécie às flutuações térmicas da região e aos maiores valores de massa seca. Estudos com sementes de *Aesculus hippocastanum* L. e *Acer pseudoplatanus* L. coletadas em diferentes localidades demonstraram que há estreita relação entre as flutuações térmicas e a temperatura basal e, também, entre o somatório de GD e o aumento de massa seca (Daws *et al.* 2004; 2006). Há, ainda, relação entre a massa seca e a velocidade de germinação (Norden *et al.* 2009). Os resultados apresentados por Daws *et al.* (2004; 2006), associados com os resultados apresentados pelas sementes de *Eugenia pyriformis* neste trabalho,

demonstram que as condições ambientais, principalmente a temperatura do ar, exercem grande influência nas características germinativas das sementes.

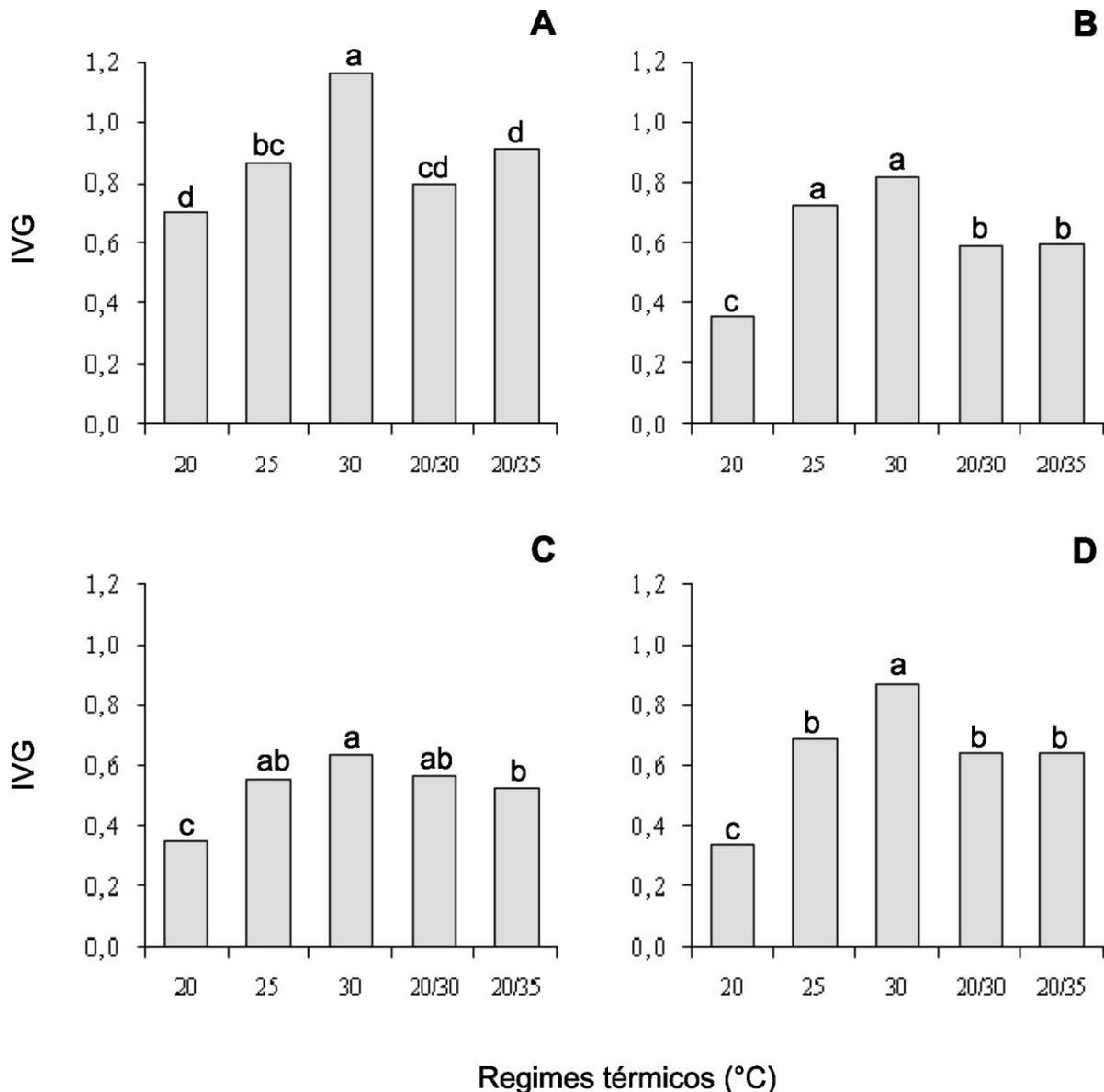


Figura 2. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de *E. brasiliensis* (A), *E. involucrata* (B), *E. pyriformis* (C) e *E. uniflora* (D), sob diferentes regimes térmicos. Colunas com a mesma letra não apresentam diferenças significativas (Tukey 5%).

As sementes de *E. brasiliensis*, *E. involucrata*, *E. pyriformis* e *E. uniflora* coletadas na mesma região apresentaram exigências térmicas mais próximas entre si do que as da mesma espécie (*E. pyriformis*) coletadas em regiões diferentes. O comportamento germinativo distinto entre populações da mesma espécie e, por outro lado, comum entre espécies da mesma região, sugere que

a pressão de seleção do ambiente tenha sido bastante expressiva sobre o potencial germinativo, adaptando as exigências da germinação às condições térmicas do local de origem.

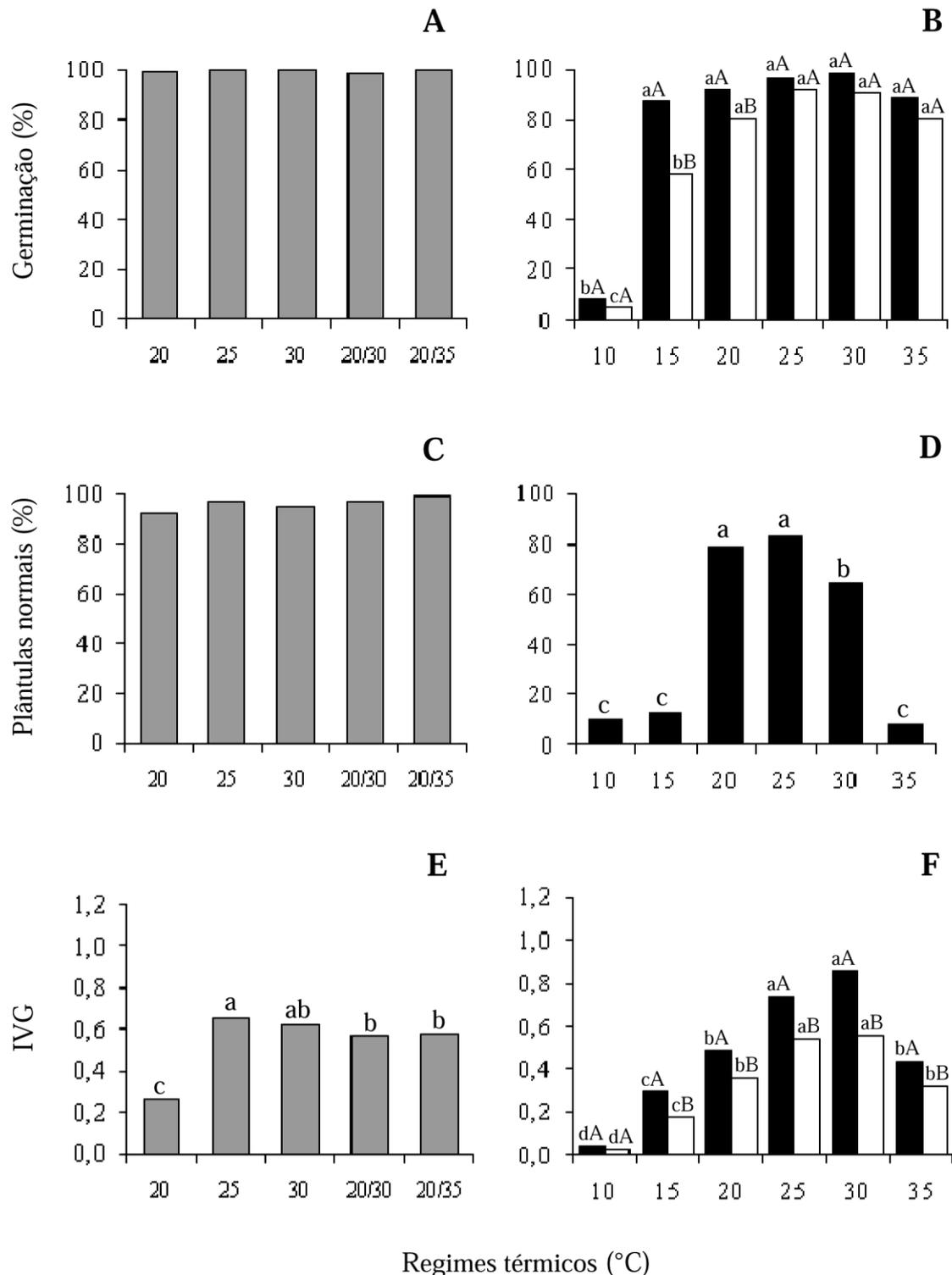


Figura 3. Germinação de sementes (A e B), desenvolvimento de plântulas normais (C e D) e índice de velocidade de germinação (E e F) de *Eugenia pyriformis* em função do regime térmico e do grau de secagem. A, C e E: médias obtidas para as diferentes temperaturas, considerando-se os dois estádios de dispersão das sementes, com 68% de água (colunas em cinza); B, D e F: sementes submetidas a dois níveis de secagem (colunas pretas – até 60% de água, colunas brancas – até 53% de água). Médias seguidas pela mesma letra (minúscula compara temperaturas e maiúscula compara grau de secagem) ou sem letras não diferem entre si (Tukey 5%).

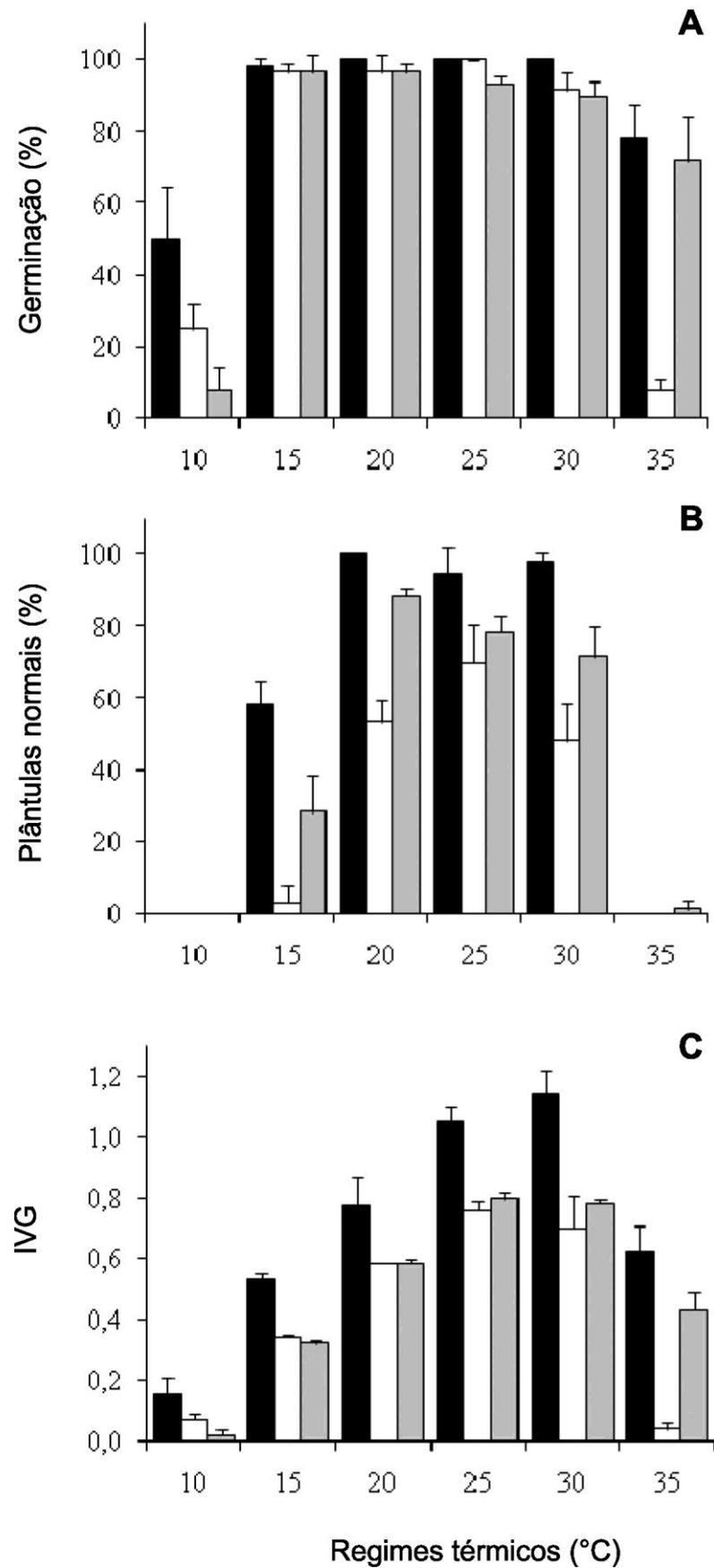


Figura 4. Germinação de sementes (A), desenvolvimento de plântulas normais (B) e índice de velocidade de germinação (C) de *Eugenia pyriformis* coletadas em Lavras (colunas pretas), Campinas (colunas brancas) e São Paulo (colunas cinzas). As barras representam os valores médios acompanhados do desvio padrão.

Muitas espécies vegetais exibem diferentes respostas fisiológicas às adversidades impostas pelo seu habitat, que consistem num conjunto de características adaptativas decorrentes da constituição genética influenciada pelas condições ambientais (Daws *et al.* 2005; Gebler *et al.* 2005; Renaut *et al.* 2005). O comportamento germinativo apresentado pelas sementes de *Eugenia*, no presente trabalho, mostrou-se muito próximo entre as espécies de *Eugenia* da mesma região (Fig. 1, 2). Por outro lado, notou-se que as sementes da mesma espécie (*E. pyriformis*) oriundas de regiões distintas, ou de épocas distintas, apresentaram diferentes respostas às variações térmicas para a germinação. A similaridade de comportamento entre espécies do mesmo gênero pode indicar forte determinação filogenética. Contudo, a variabilidade de comportamento das sementes de *E. pyriformis* oriundas de regiões diferentes sugere grande influência do ambiente sobre essa característica.

Tabela 1. Localização geográfica, período de maturação, graus-dia acumulados e teor de água e massa seca inicial de sementes de *Eugenia pyriformis* Camb. coletadas em Lavras, Campinas e São Paulo no ano de 2009. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Localização	Período de maturação	Graus-dia (GD)	Teor de água (% base úmida)	Massa seca (g semente ⁻¹)
Lavras, MG (21°13'S)	09/08/09 – 23/09/09	495	60,36 b	0,592 a
Campinas, SP (22°52'S)	20/07/09 – 08/09/09	456	62,65 ab	0,315 b
São Paulo, SP (23°39'S)	25/08/09 – 12/10/09	458	66,39 a	0,207 c
Coeficiente de variação (%)			3,441	7,432

Agradecimentos – Os autores agradecem ao Dr. José Márcio Rocha Faria (UFLA), ao Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva (UNESP), a Dra. Priscila Fratin Medina (IAC) e ao Ms. João José Dias Parisi (IAC), pela permissão e auxílio na coleta das sementes; à Dra. Lucia Rossi (IBT) pela identificação das espécies; à Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, SP e ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, pelo fornecimento dos dados climáticos; ao CNPq pelas bolsas concedidas E.V. Lamarca (Doutorado), C.V. Silva (PIBIC) e C.J. Barbedo (produtividade em pesquisa, Proc. 308045/2007-6) e pelo auxílio financeiro aos projetos (Proc. 481484/2007-8 e Proc.477640/2009-5); à FAPESP, pelo auxílio financeiro ao projeto (Proc. 2005/04139-7); à Bióloga Débora Manzano Molizane pelo auxílio na confecção das figuras.

Referências bibliográficas

- Amaral-Baroli, A. & Takaki, M. 2001. Phytochrome controls achene germination in *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) by very low fluence response. **Brazilian Archives of Biology and Technology** **44**: 121-124.
- Andrade, R.N.B. & Ferreira, A.G. 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. **Revista Brasileira de Sementes** **22**: 118-125.
- Barbedo, C.J.; Kohama, S.; Maluf, A.M. & Bilia, D.A.C. 1998. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC. - Myrtaceae) em função do teor de água. **Revista Brasileira de Sementes** **20**: 184-188.
- Bilia, D.A.C.; Barbedo, C.J. & Maluf, A.M. 1998. Germinação de diásporos de canela (*Ocotea corymbosa* (Meissn.) Mez - Lauraceae) em função da temperatura, do substrato e da dormência. **Revista Brasileira de Sementes** **20**: 189-194.
- Borges, E.E.L. & Rena, A.B. 1993. Germinação de sementes. In: I.B. Aguiar, Piña- F.C.M. Rodrigues & M.B. Figliolia (orgs.). **Sementes florestais tropicais**. Brasília, Abrates.
- Borghetti, F. Temperaturas extremas e a germinação das sementes. 2005. In: Nogueira, R.M.C *et al.* (orgs.) **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Imprensa Universitária.
- Brasil. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: 399p.
- Cardoso, V.J.M. & Pereira, F.J.M. 2009. Dependência térmica da germinação de sementes de *Drymaria cordata* (L.) Willd. ex Roem. & Schult. (Cariophyllaceae). **Acta Botânica Brasílica** **23**: 305-312.

- Castro, R.D.; Bradford, K.J. & Hilhorst, H.W.M. 2004. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: (A.G. Ferreira & F. Borghetti (orgs.). **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre, Artmed.
- Coelho, M.F.B.; Sales, D.M.; Dombroski, J.L.D.; Azevedo, R.A.B. & Albuquerque, M.C.F. 2008. Condições de luz e temperatura na germinação de sementes de algodão do campo [*Cochlospermum regium* (Schrank) Pilger – Bixaceae]. **Revista de Biologia Neotropical 5**: 23-31.
- Daws, M.I.; Cleland, H.; Chmielarz, P.; Gorin, F.; Leprince, O.; Matthews, S.; Mullins, C.E.; Thanos, C.A.; Vandvik, V. & Pritchard, H.W. 2006. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? **Functional Plant Biology 33**: 59-66.
- Daws, M.I.; Garwood, N.C. & Pritchard, H.W. 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá: some ecological implications. **Functional Ecology 19**: 874-885.
- Daws, M.I.; Lydall, E.; Chmielarz, P.; Leprince, O.; Matthews, S.; Thanos, C.A. & Pritchard, H.W. 2004. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. **New Phytologist 162**: 157-166.
- Delgado, L.F. & Barbedo, C.J. 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 42**: 265-272.
- Ferraz-Grande, F.G.A. & Takaki, M. 2006. Efeito da luz, temperatura e estresse de água na germinação de sementes de *Caesalpinia peltophoroides* Benth. (Caesalpinoideae). **Bragantia 65**: 37-42.
- Gebler, A.; Duarte, H.M.; Franco, A.C.; Lüttge, U.; Mattos, E.A.; Nahm, M.; Rodrigues, P.J.F.P.; Scarano, F.R. & Rennenberg, H. 2005. Ecophysiology of selected tree species in different plant communities at the periphery of the Atlantic forest of SE - Brazil III. Three legume trees in a semi-deciduous dry forest. **Trees 19**: 523-530.
- Gressler, E.; Pizo, M.P. & Morellato, L.P.C. 2006. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica 29**: 509-530.
- Harper, J.L. 1977. **Population biology of plants**. London: Academic Press, 892p.
- Iossi, E.; Sader, R.; Pivetta, K.F.L. & Barbosa, J.C. 2003. Efeitos de substratos e temperaturas na germinação de sementes de tamareira-anã (*Phoenix roebelenii* O'Brien). **Revista Brasileira de Sementes 25**: 63-69.
- Ista. 1985. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology 13**: 356-513.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science 2**: 176-177.

- Masetto, T.E.; Davide, A.C.; Faria, J.M.R.; Silva, E.A.A. & Rezende, R.K.S. 2009. Avaliação da qualidade de sementes de *Eugenia pleurantha* (MYRTACEAE) pelos testes de germinação e tetrazólio. **Agrarian 2**: 33-46.
- Mayer, A.M. & Poljakoff-Mayber, A. 1989. **The Germination of Seeds**. Oxford, Pergamon Press.
- Mello, J.I.O. & Barbedo, C.J. 2007. Temperatura, luz e substrato para a germinação de sementes de pau-brasil *Caesalpinia echinata* Lam., Leguminosae-Caesalpinioideae. **Revista Árvore 31**: 645-655.
- Norden, N.; Daws, M.I.; Antoine, C.; Gonzalez, M.A.; Garwood, N.C. & Chave, J. 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. **Functional Ecology 23**: 203-210.
- Oliveira, L.M.; Carvalho, M.L.M.; Silva, T.T.A. & Borges, D. I. 2005. Temperatura e regime de luz na germinação de sementes de *Tabebuia impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley e *T. serratifolia* Vahl Nich. – Bignoniaceae. **Revista Ciência e Agrotecnologia 29**: 642-648.
- Pedro Junior, M.J.; Brunini, O.; Alfonsi, R.R. & Angelocci, L.R. 1977. Estimativa de graus-dia em função de altitude e latitude para o estado de São Paulo. **Bragantia 36**: 89-92.
- Pimenta, R.S.; Luz, P.B.; Pivetta, K.F.L.; Castro, A. & Pizetta, P.U.C. 2010. Efeito da maturação e temperatura na germinação de sementes de *Phoenix canariensis* hort. ex Chabaud – Arecaceae. **Revista Árvore 34**: 31-38.
- Pires, L.A.; Cardoso, V.J.M.; Joly, C.A. & Rodrigues, R.R. 2009. Germinação de *Ternstroemia brasiliensis* Cambess. (Pentaptylaccaceae) de Floresta de Restinga. **Acta Botânica Brasílica 23**: 57-66.
- Renaut, J.; Hoffmann, L. & Hausman, J.F. 2005. Biochemical and physiological mechanisms related to cold acclimation and enhanced freezing tolerance in poplar plantlets. **Physiologia Plantarum 125**: 82-94.
- Santana, D.G. & Ranal, M.A. 2004. **Análise da germinação**: um enfoque estatístico. Universidade de Brasília, Brasília.
- Santos, C.M.R.; Ferreira, A.G. & Áquila, M.E.A. 2004. Características de frutos e germinação de sementes de seis espécies de Myrtaceae nativas do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência Florestal 14**: 13-20.
- Smith, H. Light quality and germination: ecological implications. 1975. In: Heydecker, W. **Seed ecology**. London: Butterworth.
- Stockman, A.L.; Brancalion, P.H.S.; Novembre, A.D.L.C. & Chamma, H.M.C.P. 2007. Sementes de ipê-branco (*Tabebuia roseo-alba* (Ridl.) Sand. – Bignoniaceae): temperatura e substrato para o teste de germinação. **Revista Brasileira de Sementes 29**: 139-143.

- Vázquez-Yanes, C.R. & Orozco-Segovia, A. 1990. Ecological significance of light controlled seed germination in two contrasting tropical habitats. **Oecologia 83**: 171-175.
- Villa Nova, N.A.; Pedro Júnior, M.J.; Pereira, A.R. & Ometto, J.C. 1972. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. São Paulo, **Caderno Ciência da Terra 30**: 89-92.

CAPÍTULO III

Maturation of *Eugenia pyriformis* seeds under different hydric and thermal conditions

Artigo aceito para publicação na Revista Anais da Academia Brasileira de Ciências

ISSN 0001-3765

(formatação nas normas da revista)

Maturation of *Eugenia pyriformis* seeds under different hydric and thermal conditions

Edmir Vicente Lamarca¹, Juliana Sakagawa Prativiera², Igor Ferrari Borges³, Liliana Ferreira Delgado⁴, Carmen Cinira Teixeira⁵, Marcelo Bento Paes de Camargo⁶, José Marcio Rocha Faria⁷, Claudio José Barbedo⁸

⁽¹⁾Instituto de Botânica, Graduate Program on Vegetal Biodiversity and Environment, Av. Miguel Stéfano 3687, 04301-012 São Paulo, SP, Brazil. CNPq fellowship.

⁽²⁾Prativiera Consultoria, Rua Beira Mar 8, 45.983-000 Cumuruxatiba – Prado, BA, Brazil.

⁽³⁾Dow AgroSciences, Regulatory Sciences and Government Affairs, Av. das Nações Unidas 14171, 2º andar, Torre Diamond, 04794-000 São Paulo, SP, Brazil.

⁽⁴⁾Instituto de Botânica, Graduate Program on Vegetal Biodiversity and Environment.

⁽⁵⁾Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Graduate Program on Biological Sciences, Distrito de Rubião Jr. s/nº, 18618-970 Botucatu, SP, Brazil.

⁽⁶⁾Instituto Agronômico de Campinas, Biophysics and Ecophysiology Center, Agricultural Climatology, Av. Theodureto de Almeida Camargo, 1500, 13075-630 – Campinas, SP, Brazil. CNPq fellowship.

⁽⁷⁾Universidade Federal de Lavras, Forestry Sciences Department, Caixa Postal 3037, 37200-000 Lavras, MG, Brazil.

⁽⁸⁾Instituto de Botânica, Seed Research Center, CNPq fellowship.

Running title: Maturation of *Eugenia pyriformis* seeds

Academy section: Biological Sciences

⁽¹⁾**Corresponding author:** lamarcabio@ig.com.br, Av. Miguel Stéfano 3687, Água Funda, São Paulo, SP, 04301-012, Brazil. Fone +55(11) 50676000 (extension 6211 or 6209).

ABSTRACT

This study aimed to analyze the maturation and dispersal of *Eugenia pyriformis* Cambess. seeds produced in different years, and the influence of variation in thermal and hydric environment on seed physical and physiological characteristics at dispersal. Fruits at different developmental stages were harvested in the city of São Paulo between 2003 and 2010 as well as in the cities of Campinas and Lavras, in 2009 and 2010 and analyzed for size and color. The seeds were extracted from the fruits and their dry mass, water content, germination and vigor assessed. Results showed that seed maturation is unsynchronized to the maturation of the fruit, taking 45 days on average (430 growing degree-days), or longer when at rainy times or at lower temperatures. Seeds with higher physiological quality were produced in rainy years and when the temperature range was larger. We concluded therefore that hydric and thermal environmental variations during development influence the maturation of *Eugenia pyriformis* seeds and being able to determine the formation cycle and the final seed quality.

Keywords: dispersal, development, degree-day, rainfall, recalcitrant seeds.

INTRODUCTION

Among the environmental conditions that influence the growth, production and quality of fruits and seeds, are the weather represented by some meteorological elements as rainfall, and air temperature (Reuther 1977, Pereira et al. 2002, Souza et al. 2004). In some perennial plants, the air temperature, represented by the concept of growing degree-day (GDD), influences the length of the reproductive cycle and is considered one of the most significant meteorological elements (Volpe et al. 2002; Petek et al. 2009, Fagundes et al. 2010) acting on the acquisition of some physical and physiological characteristics (Daws et al. 2004, 2006, Daws and Jensen 2011). However, some studies report that this thermal-dependence may be altered by rainfall, changing flowering and maturation periods (Volpe et al. 2002, Ribeiro et al. 2006, Petek et al. 2009), and, thus, showing the importance of analyzing these variables together.

The “uvaieira” tree (*Eugenia pyriformis* Cambess. – Myrtaceae) produces edible meaty yellow fruits (Oliveira et al. 2010). Its recalcitrant seeds (Delgado and Barbedo 2007) have been little studied regarding maturation, dispersal and physiology, making technological development for plant production difficult. In *Eugenia* species, great physical and physiological variation during fruit and seed development and maturation is observed (Silva et al. 2001, Pio et al. 2005, Avila et al. 2009, Cardoso and Lomônaco 2003, Borges et al. 2010, Braz and Mattos 2010; Lamarca et al. 2011). These variations show the adaptive ability of the genus to unpredictable, heterogeneous or transitional environments (Cardoso and Lomônaco 2003).

Recent studies with seeds of native species from Brazil verified that rainfall and air temperature can impact on water content and seed germination (Martins et al. 2009). However, among the Brazilian native species, there is little information that relates climatic conditions to seed maturation, dispersal and physiology. Therefore, knowledge of fruit and seed maturation of this species and its relationships with meteorological elements become important mechanisms to know the species behavior for its reproduction and adaptation. This knowledge can help predict the appropriate seed collection time to obtain seeds with high physiological quality as well as high

quality seed production. This study aimed to characterize the maturation and dispersal of *Eugenia pyriformis* seeds and analyze the influence of hydric and thermal variations of the environment on these processes.

MATERIAL AND METHODS

Eugenia pyriformis Cambess. seeds were obtained from harvested fruits at the Instituto de Botânica (IBt), São Paulo, SP (23°39'S, 46°37'W and 785m altitude), on Santa Elisa Farm of Instituto Agrônômico (IAC), Campinas, SP (22°52'S, 47°04'W and 645m altitude), and at the city of Lavras, MG (21°13'S, 44°58'W and 943 m altitude). The climatic classification of these regions, according to Köppen, is Cwb, Cwa and Cwa, respectively. The seeds were manually extracted and stored in perforated plastic bags in a cold chamber at 7°C until the beginning of the experiments, no later than seven days (Barbedo et al. 1998, Andrade and Ferreira 2000).

The fruits and seeds were biometrically characterized for color, texture and size (longitudinal and transversal diameter in mm) according to Silva et al. (2001). Seed water content and dry mass were also determined by drying at 103°C for 17 hours (Ista 1985). The results are presented in g of water . g of dry mass⁻¹ (g.g⁻¹) and g.seed⁻¹, respectively.

The seeds were evaluated for germination using Germitest® paper which had been moistened until saturation (without excess) with two sheets for the base and one for the covering (Brasil 2009). The test was carried out in two chambers with 100% air relative humidity at a constant 25°C and continuous light (Delgado and Barbedo 2007). The germination assessments were done every 3 days for 70 days, and the seeds that had primary roots were recorded (for germinable seed calculation) as well as the ones that presented normal seedling production (for germination calculation); the results were presented in decimal (%/100) and in percentage (%). In order to estimate vigor, the germination speed index (GSI) was calculated according to Maguire (1962).

Climatic data for the locations and periods that the fruits were produced were obtained from automatic weather stations installed close to the harvest areas. Daily data of temperature and rainfall

(mm) were collected between flowering and harvest and used to calculate respectively the growing degree-day (GDD, °C day), according to the equations proposed by Villa Nova et al. (1972), considering 10°C as base temperature (Pedro Junior et al. 1977) and accumulated rainfall (mm). Sequential water balance was also calculated with rainfall data using the model proposed by Thornthwaite & Mather (1955), in descending scale level with available water capacity (AWC) of 125 mm (Leivas et al. 2006, Rolim et al. 2007).

In a first experiment, aiming to characterize fruits and seeds at different maturation stages as well as recently dispersed ones, anthesis flowers of *E. pyriformis* matrices located at IBt were marked during the period of maximum flowering. Fruits were collected at different days after anthesis (DAA), directly from the tree. Collecting dates were determined based on the visual characteristics of fruit development and maturation like color and texture, established in previous studies. Thus, fruits from three maturation stages were obtained: stage I, characterized by a green color pericarp with visible signs of color changing into yellow; stage II with a whole light yellow pericarp; stage III, the whole pericarp is golden yellow. In addition, fruits with visual characteristics similar to the ones of stage III were directly collected from the ground soon after dispersal, but not after 24 hours, and called recently dispersed fruits. As soon as these stages were identified, a single collection was done and the fruits were separated according to their visual and dispersal characteristics described below. The seeds from all these collections were evaluated for their water content, dry mass content, germination and vigor as described before.

In a second experiment, aiming to analyze the influence of environmental conditions on the seed characteristics at fruit dispersal time, recently dispersed fruits were collected according to the previous experiment characterizing matrices located at IAC and in Lavras from 2009 to 2010, and at IBt in 2003, 2004, 2005, 2006, 2009 and 2010. In order to do that, anthesis flowers of *E. pyriformis* matrices were marked in the species maximum flowering period and the fruits were collected immediately after their dispersal. The seeds from these fruits were also evaluated for their water content, dry mass content, germination and vigor.

The experimental design for all experiments was completely randomized with four replications of 15 seeds. The obtained data were submitted to variance analysis (F test) at 5% probability. When pertinent, the averages were compared using Tukey's test also considering a reliability level of 5% (Santana & Ranal 2004).

RESULTS AND DISCUSSION

In 2003, IBt fruit sorting into sizes showed that the fruits in stages II and III were bigger, predominantly from 26 to 30 mm, whereas the ones from 21 to 25 mm were predominantly in stage I and recently dispersed (Fig. 1). However, it was observed that fruit growth occurred until stage II, that is, until 37 DAA (a total of 379 GDD), only 3 days after stage I (34 DAA, totalizing 343 GDD). Although keeping the fruits some more days linked to the mother plant and accumulating more growing degree-days (40 DAA, 410 GDD), there was no increase in size. However, the decrease of recently dispersed fruit size probably occurred due to water loss after their detachment from the mother plant at 43 DAA (437 GDD).

The average size of seeds at different stages presented a small variation. The fruit seeds of stage I had an average of 9 to 10 mm, taking into account longitudinal and transversal diameters, respectively; the ones from fruits of stage II, 10 and 10 mm; from stage III and recently dispersed ones, 8 and 9 mm. However, for the frequency distribution of size categories of seeds from fruits obtained in a single collection, the seeds in stages I and II were among the biggest, predominantly from 11 to 15 mm whereas the ones from fruits in stage III and recently dispersed fruits were predominantly from 6 to 10 mm (Fig. 1). The highest water content could justify the bigger size of seeds from fruits of stage I, but not the ones from stage II (Fig. 1I). Considering that the dry mass content, the seed germinative capacity and vigor of fruits from all stages did not present differences (Fig. 1I and J), it is concluded that even immature fruits can contain seeds with completely developed physiological characteristics. Nevertheless, the external visual characteristics of seeds changed. The seeds of fruits from stages I and II presented smooth surface and milky white, and

greenish white color, respectively. On the other hand, the seeds of fruits from stage III and recently dispersed fruits presented light brown color and rough wrinkled surface (Fig. 1A to D).

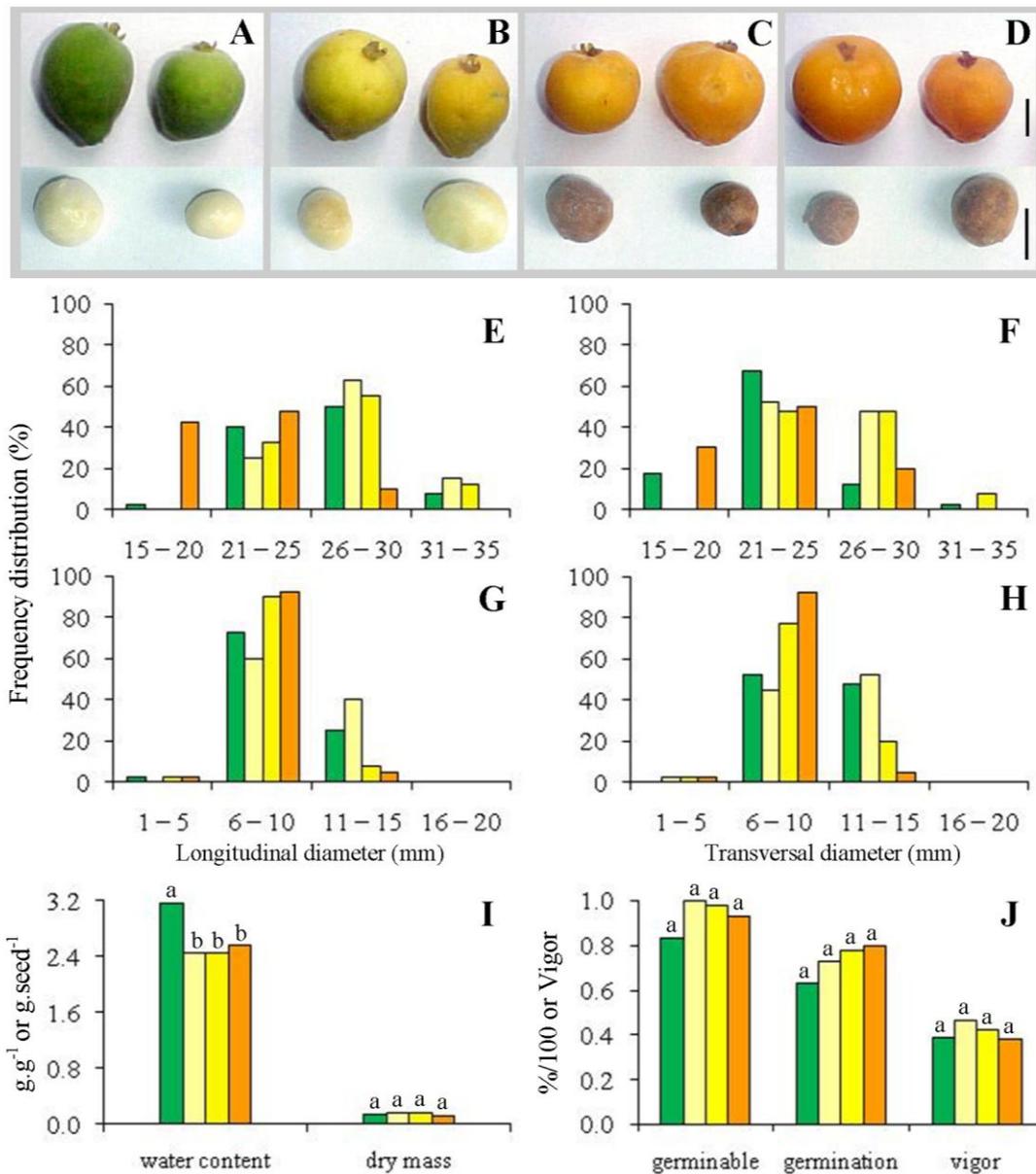


Fig. 1. Physical and physiological characteristics of maturity stages of fruits and seeds of *E. pyriformis* harvested in São Paulo city. A to D, maturity stages of fruits and seeds: A, Stage I, 34 days after anthesis (DAA); B, Stage II, (37 DAA); C, Stage III (40 DAA); D, recently dispersed (43 DAA). E to H, frequency distribution of fruits and seeds length (mm): E, fruit longitudinal diameter; F, fruit transversal diameter; G, seeds longitudinal diameter; H, seeds transversal diameter. I, water content (g.g⁻¹) and content dry mass (g.seed⁻¹) of seeds; J, germinable seeds, germination (%/100) and vigor (GSI). Green columns, stage I; light yellow columns, stage II; golden yellow columns, stage III and orange columns, recently dispersed. Means followed by the same letter did not differ by Tukey's test at 5%. Scale 1 cm.

The size variation of *E. pyriformis* seeds between the maturation stages may have occurred because of the meteorological variables of the formation environment. Considering that all fruits from all stages were collected on the same day (Nov. 11, 2003), the smallest seed size of fruits from stage III and recently dispersed fruits may be related to processes that happened in the initial phases of seed development. The corresponding flowering of these fruits started in low rainfall periods (third ten-day period of September, 2003, Fig. 2A) whereas fruit flowering of stages I and II started in rainy periods (first ten-day period of October). Thus, the seeds of fruits from stage III and recently dispersed fruits underwent water deficit in the beginning of their development for 8 and 5 days, respectively (Fig. 3A), which may have resulted in the smaller final size. This behavior is similar to that observed in coffee (*Coffea arabica* L.) fruits over which the water deficit during the initial development stages (green fruit) accelerated the next stages and resulted in a higher percentage of void beans (Camargo and Camargo 2001). However, smaller sized *Eugenia pyriformis* seeds did not present physiological differences when compared to the bigger ones.

Microclimatic variations during the fruit formation influenced the physical characteristics of *E. pyriformis* seeds as well as the length of maturation period and dispersal moment. In general it is noticed that the flowering commenced soon after low air temperature periods, and the fruit dispersal occurred in rainy periods. When compared to *E. pyriformis* formation periods of different years, it is observed that the seed final dry mass and the maturation and dispersal cycle presented a close relationship with temperature data (mainly the minimum one), water deficit and temperature range. IAC seeds, for example, were dispersed in 2009 with high water contents and a smaller amount of dry mass than in 2010, but without differences in the germinative capacity and vigor (Table I). Such a difference may be related to a greater water deficit (Fig. 3) and a lower rainfall (Fig. 2) in 2010, reducing the cycle into 8 days (Table I). Similar results were observed in the seeds from Lavras (Table I and Fig. 2 and 3). The accumulation of dry mass in the seeds was influenced by the temperature range (Fig. 4), smaller in 2009 for both locations, resulting in smaller accumulation

even in a longer cycle. Considering the results obtained at both sites in 2009 and 2010, apparently the biggest accumulation of dry mass occurred when the temperature range was higher than 12°C , mainly if higher than 17°C (Table I and Fig. 4).

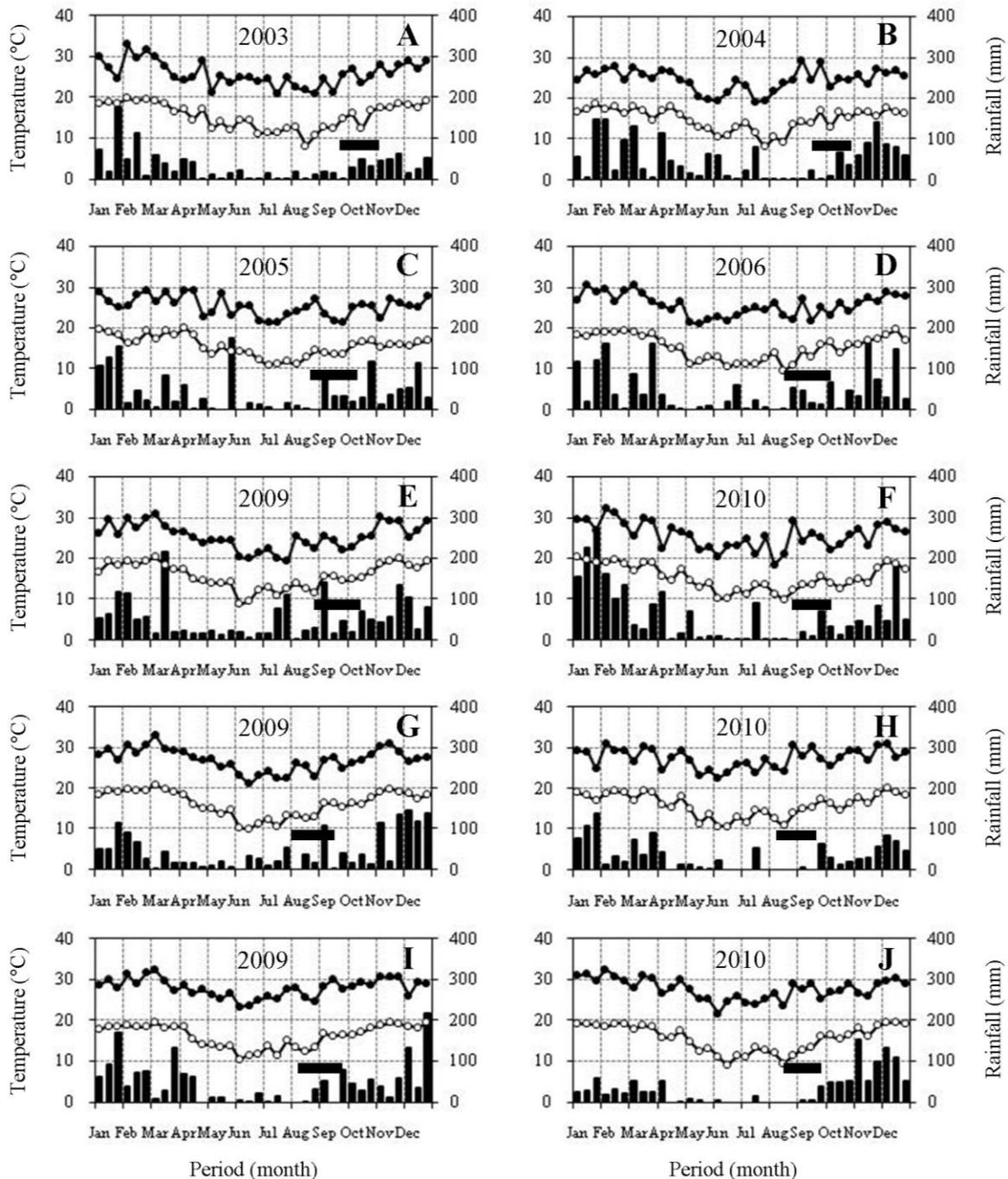


Fig. 2. Meteorological data in the regions of São Paulo (A to F), Campinas (G and H) and Lavras (I and J), at a decennial scale from 2003 to 2010, years of harvest of fruits of *Eugenia pyriformis*: maximum temperature (closed circle), minimum temperature (open circle), rainfall (black columns) and period between flowering and harvest of fruits (black bars).

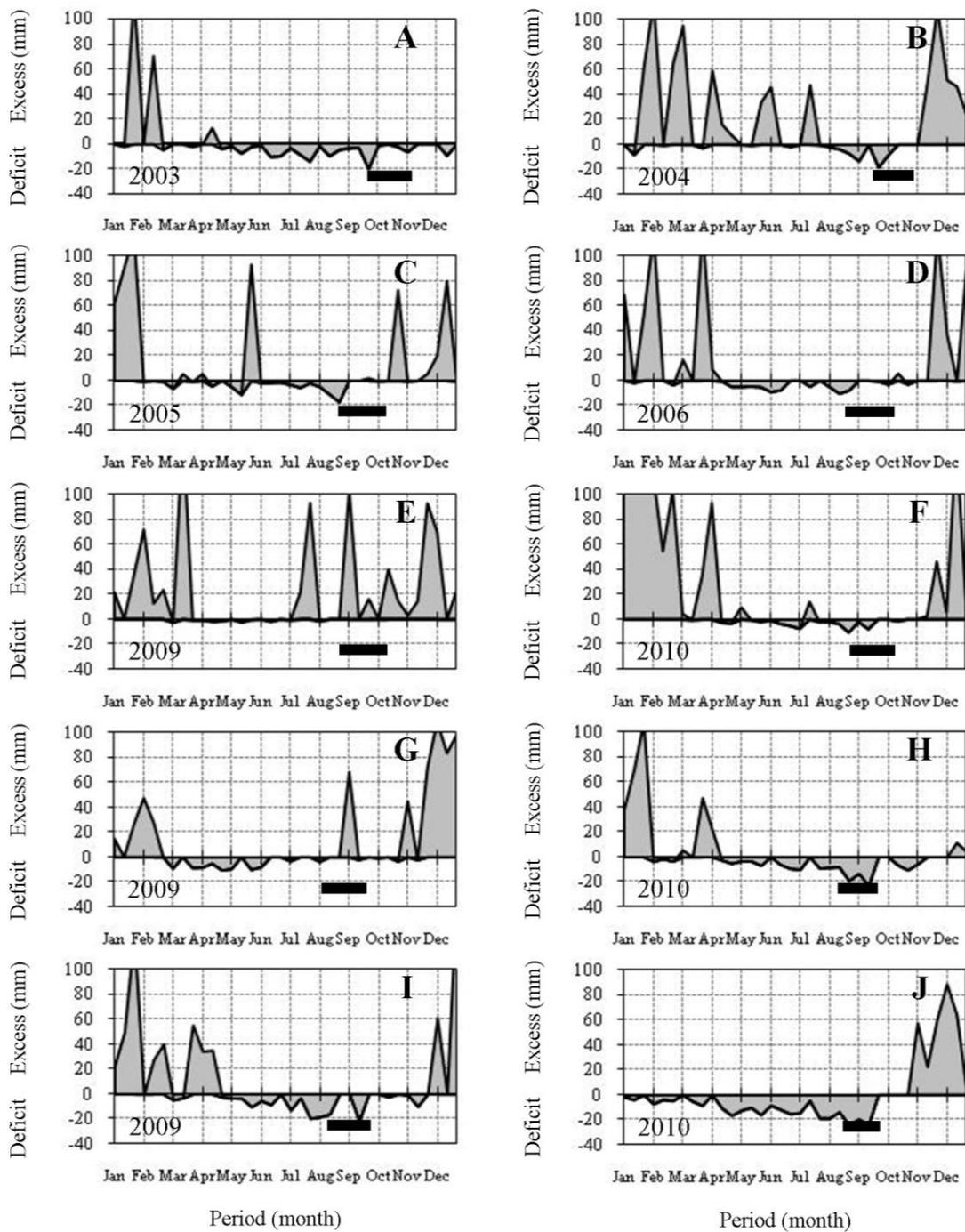


Fig. 3. Sequential water balance in the regions of São Paulo (A to F), Campinas (G and H) and Lavras (I and J), from 2003 to 2010, years of harvest of fruits of *Eugenia pyriformis*: Black bars show period between flowering and harvest of fruits.

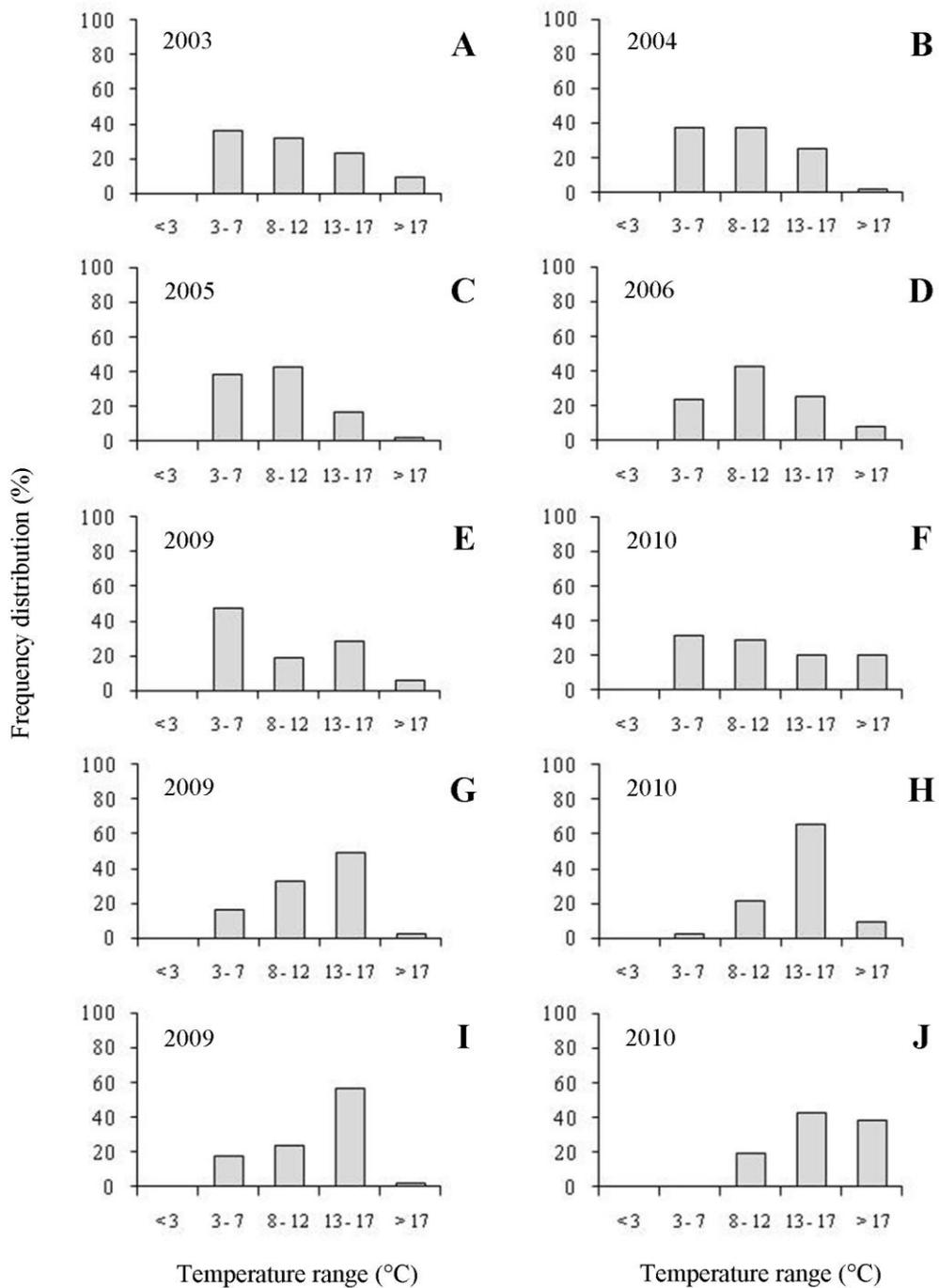


Fig. 4. Frequency distribution of temperature range in the regions of São Paulo (A to F), Campinas (G and H) and Lavras (I and J), from 2003 to 2010, during the formation of fruit of *Eugenia pyriformis*.

Regarding *Eugenia pyriformis* seeds produced at IBt from 2003 to 2010, in contrast to IAC and in Lavras, the highest temperature range frequencies were never superior to 12°C. These seeds always had less reserve accumulation rates as opposed to the ones obtained at the other two sites, reinforcing the idea that the highest reserve accumulation for these seeds occurs at a temperature range superior to 12°C. However, the greatest dry mass accumulation did not necessarily result in better physiological quality of these seeds. In 2010, for example, although the seeds accumulated dry mass similar to the seeds formed in other years (probably guaranteed by the temperature range), their physiological quality was the lowest one, with low values of germinable seeds, germination and vigor (Table I). This lower physiological quality may be related to the higher water deficit (Fig. 3) and lower rainfall frequency (Fig. 2 and Table I). On the other hand, seeds produced in 2009 that did not undergo water deficit during the whole cycle (Fig. 3) and presented high physiological quality even with the smallest accumulation of dry mass compared to the ones from IAC or Lavras. Similarly to what was observed in Lavras and IAC, at IBt the seed production cycle was shorter (42 to 44 days, Table I) when the water deficit was higher (2003, 2004 and 2010, Fig. 3).

By analysing the regime of weather factors, it was verified that the accumulation of growing degree-day until the fruit dispersal moment can vary because of water balance and low temperature frequency. Thus, in the years with higher water deficit, that is, in Lavras and IAC in 2010, the seed maturation period was shorter and with a smaller GDD (Fig. 2 and 3 and Table I), but the seeds were apparently dispersed more mature (Table I). The same occurred at IBt, under a higher water deficit and shorter cycle (Fig. 3 and Table I); however, when there was no water deficit (2009, Fig. 3), the maturation cycle and the accumulation of GDD were greater (Table I). However, in 2006, low temperatures in the beginning of the cycle (Fig. 2) seem to be related to the delay of the fruit dispersal moment and to the smallest accumulation of GDD. Meteorological data also showed that the hydric conditions of the environment influence the water content of seeds when they are dispersed (Fig. 3 and Table I), as observed in *Euterpe edulis* Mart. seeds (Martins et al. 2009).

TABLE 1. Phenological period (flowering and harvest of fruits) of fruits of *Eugenia pyriformis*, harvested in the region of São Paulo throughout the years of 2003, 2004, 2005, 2006, 2009 and 2010, and in Campinas and Lavras throughout the years of 2009 and 2010. Duration of phenologic cycle, meteorological data recorded during those periods (minimum and maximum absolute temperature, growing degree-day and accumulated rain) and physical and physiological characteristics of seeds harvested (water and dry mass content, germinable seeds, germination and vigor). Means followed by the same letter did not differ by Tukey's test at 5%.

Region of harvested and phenological period	Cycles (days)	Min e Max (°C)	Degree-day (°C day)	Rain (mm)	Water content (g.g ⁻¹)	Dry mass (g seed ⁻¹)	Germinable (%)	Germination (%)	Vigor (GSI)
IBt, São Paulo 22/09/03 – 04/11/03	43	9 – 34	437	116.0	2.54 a	0.119 f	93 a	80 bcde	0.379 d
IBt, São Paulo 17/09/04 – 29/10/04	42	8 – 34	432	128.5	2.04 bc	0.195 ef	93 a	90 abcd	0.401 d
IBt, São Paulo 26/08/05 – 11/10/05	46	9 – 32	416	161.2	1.85 bcd	0.201 ef	100 a	83 abcd	0.437 d
IBt, São Paulo 17/08/06 – 06/10/06	50	4 – 34	416	126.0	1.99 bc	0.259 de	97 a	92 abc	0.423 d
IBt, São Paulo 25/08/09 – 12/10/09	48	9 – 32	458	232.1	2.17 ab	0.192 ef	93 a	78 cde	0.732 c
IBt, São Paulo 26/08/10 – 09/10/10	44	11 – 32	428	128.8	1.82 bcd	0.221 de	70 b	63 e	0.671 c
IAC, Campinas 01/08/09 – 18/09/09	48	10 – 32	479	162.7	1.58 cde	0.311 d	93 a	73 de	0.805 bc
IAC, Campinas 10/08/10 – 19/09/10	40	8 – 34	451	6.3	1.25 e	0.479 c	93 a	92 abcd	0.997 ab
Lavras 09/08/09 – 23/09/09	45	10 – 32	495	175.4	1.53 de	0.591 b	100 a	98 ab	0.948 ab
Lavras 15/08/10 – 25/09/10	41	7 – 33	417	24.2	1.15 e	0.802 a	100 a	100 a	1.110 a
Coefficient of variation (%)					10.414	12.040	6.066	9.066	12.534

The obtained results for the different regions and seasons showed that while the seeds are not dispersed, physical and physiological changes keep on occurring, and they may continue proportionally to the length of maturation period and/or the accumulation of GDD. This period is influenced by air temperature as observed in coffee (*Coffea arabica* L.) and orange (*Citrus* spp.) fruits (Volpe et al. 2002, Pezzopane et al. 2003). But apparently for *E. pyriformis*, the water deficit may have a bigger influence. Under sufficient water availability, the accumulation of GDD seems to influence the physiological quality of seeds. Studies related to seed development and maturation of perennial species from temperate climate with air temperature, represented by growing degree-day, showed that dry matter content, water content, germination and desiccation tolerance are influenced by this variable (Daws et al. 2004, Daws et al. 2006). Recent studies showed that seeds of different species of *Eugenia* produced in the same region may have thermal-dependence similar to germination than the seeds of the same species produced in different regions (Lamarca et al. 2011).

The influence of the environmental hydric conditions on *Eugenia* seed germination and development was shown by Braz and Mattos (2010). These results, associated to the present study, make evident that the environment can shape the seed behavior, depicting the possible capability of this genus that comprises species to survive in several environments. Thus, the characterization of the thermal-dependence for maturation and dispersal, although influenced by the water availability, enables the description of the physiological maturity state of *E. pyriformis* seeds as well as their physical and physiological maturity, showing that these characteristics can be influenced by the environmental hydric and thermal variables during this formation.

Air temperature greatly influences the seed physiological quality and germinative behavior (Daws et al. 2004, Daws et al. 2006, Lamarca et al. 2011). However, for *E. pyriformis* seeds, the air temperature influence represented by GDD depends on the sufficient water availability similarly to the one observed in coffee (*Coffea arabica* L.) plants (Petek et al. 2009). Analyzing the seed production from three locations in different years, it was verified that the greater physiological quality of *E. pyriformis* seeds would be obtained in an approximately 45-day cycle if about 500

GDD were accumulated without water deficit and under a temperature range higher than 12°C. Moreover it can be reported that the variations of the environmental hydric and thermal conditions and of *Eugenia pyriformis* fruit formation period influence seed maturation and dispersal moment, determining the cycle duration and final quality of these seeds.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors thank Dr. Danilo da Cruz Centeno (UFABC), Dr. Edvaldo Aparecido Amaral da Silva (UNESP) and Dr. Gabriel Constantino Blain (IAC) for the suggestions and collaboration to the study; Dr. Lucia Rossi (IBt) for the species identification; Instituto de Botânica de São Paulo, São Paulo, SP; Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP; Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG; and Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, for the concession of meteorological data; CNPq for the fellowships granted to E.V. Lamarca (PhD Course), J.S. Pratavieira (Scientific Initiation), M.B.P. Camargo, J.M.R. Faria and C.J. Barbedo (research productivity) and for the financial support to the project (Proc.477640/2009-5); FAPESP for the financial support to the project (Proc. 2005/04139-7).

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar a maturação e a dispersão de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. produzidas em diferentes anos, verificando a influência das variações hídricas e térmicas do ambiente sobre suas características físicas e fisiológicas no momento em que são dispersas. Frutos com diferentes estádios de desenvolvimento foram coletados da região de São Paulo, entre 2003 e 2010 e das regiões de Campinas e Lavras, em 2009 e 2010 e foram analisados quanto ao tamanho e cor. As sementes foram extraídas dos frutos e analisadas quanto ao conteúdo de massa seca, teor de água, germinação e vigor. Os resultados evidenciaram que a maturação das sementes ocorre de forma dessincronizada à maturação dos frutos, levando em média 45 dias (430 graus-dia), sendo mais demorada em períodos chuvosos ou de temperaturas mais baixas. Sementes

de qualidade fisiológica mais elevada foram produzidas em anos chuvosos e quando a amplitude térmica foi maior. Conclui-se, portanto, que as variações hídricas e térmicas do ambiente e do período de formação apresentam influência sobre a maturação das sementes de uvaieira podendo, inclusive, determinar o ciclo de formação e a qualidade final dessas sementes.

Palavras-chave: dispersão, desenvolvimento, graus-dia, precipitação pluvial, sementes recalcitrantes.

REFERENCES

- ANDRADE RNB and FERREIRA AG. 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Rev. bras. sementes 22: 118-125.
- AVILA AL, ARGENTA MS, MUNIZ MFB, POLETO I and BLUME E. 2009. Maturação fisiológica e coleta de sementes de *Eugenia uniflora* L. (pitanga), Santa Maria, RS. Ci. Fl. 19: 61-68.
- BARBEDO CJ, KOHAMA S, MALUF AM and BILIA DAC. 1998. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC. - Myrtaceae) em função do teor de água. Rev. bras. sementes 20: 184-188.
- BORGES KCF, SANTANA DG, MELO B and SANTOS CM. 2010. Rendimento de polpa e morfometria de frutos e sementes de pitangueira-do-cerrado. Rev. Bras. Frutic. 32: 471-478.
- BRASIL. 2009. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília, 2009, 399 p.
- BRAZ MIG and MATTOS EA. 2010. Seed dispersal phenology and germination characteristics of a drought-prone vegetation in southeastern brazil. Biotropica 42: 327-335.
- CAMARGO AP and CAMARGO MBP. 2001. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. Bragantia 60: 65-68.

- CARDOSO GL and LOMÔNACO C. 2003. Variações fenotípicas e potencial plástico de *Eugenia calycina* Cambess. (Myrtaceae) em uma área de transição cerrado-vereda. Rev. Bras. Bot. 26: 131-140.
- DAWS MI and JENSEN M. 2011. Effects of developmental heat sum on fruit traits of clonal lines of *Quercus petraea* grown under controlled conditions. Plant Growth Regul. 64: 203-206.
- DAWS MI, CLELAND H, CHMIELARZ P, GORIN F, LEPRINCE O, MATTHEWS S, MULLINS CE, THANOS CA, VANDVIK V and PRITCHARD HW. 2006. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? Funct. Plant Biol. 33: 59-66.
- DAWS MI, LYDALL E, CHMIELARZ P, LEPRINCE O, MATTHEWS S, THANOS CA and PRITCHARD HW. 2004. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. New Phytol. 162: 157-166.
- DELGADO LF and BARBEDO CJ. 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. Pesq. agropec. bras. 42: 265-272.
- FAGUNDES JD, STRECK NA, STORCK L and REINIGER LRS. 2010. Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. Bragantia 69: 499-507.
- ISTA. International rules for seed testing. Seed Sci. Technol. 13: 356-513, 1985.
- LAMARCA EV, SILVA CV and BARBEDO CJ. 2011. Limites térmicos para a germinação em função da origem de sementes de espécies de *Eugenia* (Myrtaceae) nativas do Brasil. Acta Bot. Bras. 25: 293-300.
- LEIVAS JF, BERLATO MA and FONTANA DC. 2006. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. Rev. bras. eng. agric. ambient. 10: 397-407.
- MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Sci. 2: 176-177.
- MARTINS CC, BOVI MLA, NAKAGAWA J and MACHADO CG. 2009. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. Rev. Árvore 33: 635-642.

- OLIVEIRA ENA, SANTOS DC, SOUSA FC, MARTINS JN and OLIVEIRA SPA. 2010. Obtenção de ubaia desidratada pelo processo de liofilização. Rev. Bras. Tecnol. Agroindustrial 04: 235-242.
- PEDRO JUNIOR MJ, BRUNINI O, ALFONSI RR, ANGELOCCI LR. 1977. Estimativa de graus-dia em função de altitude e latitude para o estado de São Paulo. Bragantia 36: 89-92.
- PEREIRA AR, ANGELOCCI LR and SENTELHAS PC. 2002. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba, RS, 478p.
- PETEK MR, SERA T and FONSECA ICB. 2009. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arabica*. Bragantia 68: 169-181.
- PEZZOPANE JRM, PEDRO-JUNIOR MJ, THOMAZIELLO RA and CAMARGO MBP. 2003. Escala para a avaliação de estádios fenológicos do cafeeiro arábica. Bragantia 62: 499-505.
- PIO R, GONTIJO TCA, RAMOS JD and CHALFUN NNJ. 2005. Características físico-químicas de frutos de pitangueira em função da altura de inserção na planta. Rev. Bras. Agrociência 11: 105-107.
- REUTHER W. 1977. Citrus. In: ALVIM PT and KOZLOWSKI TT. (Eds.), Ecophysiology of tropical crops, London: Academic Press, p. 409-439.
- RIBEIRO RV, MACHADO EC and BRUNINI O. 2006. Ocorrência de condições ambientais para a indução do florescimento de laranjeiras no estado de São Paulo. Rev. Bras. Frutic. 28 247-253.
- ROLIM GS, CAMARGO MBP, LANIA DG and MORAES JFL. 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. Bragantia 66: 711-720.
- SANTANA DG and RANAL, MA. 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Universidade de Brasília. Brasília, DF, 248p.
- SILVA RSM, CHAVES LJC and NAVES RV. 2001. Caracterização de frutos e árvores de cagaita (*Eugenia dysenterica* dc.) no sudeste do estado de Goiás, Brasil. Rev. Bras. Frutic. 23: 330-334.

SOUZA GM, RIBEIRO RV, SANTOS MG, RIBEIRO HL and OLIVEIRA RF. 2004 Approximate Entropy as a measure of complexity in sap flow temporal dynamics of two tropical tree species under water deficit. *An. Acad. Bras. Cienc.* 76: 625-630.

THORNTHWAITE CW and MATHER JR. 1955. The water balance. Drexel Institute of Technology. (Publications in climatology). New Jersey, 104p.

VILLA NOVA NA, PEDRO JÚNIOR MJ, PEREIRA AR and OMETTO JC. 1972. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. *Cad. ciênc. terr.* 30: 1-8.

VOLPE CA, SCHÖFFEL ER and BARBOSA JC. 2002. Influência da soma térmica e da chuva durante o desenvolvimento de laranjas-‘valência’ e ‘natal’ na relação entre sólidos solúveis e acidez e no índice tecnológico do suco. *Rev. Bras. Frutic.* 24: 436-441.

CAPÍTULO IV

Aquisição da tolerância à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis* em função de variações hídricas e térmicas do ambiente de formação

Resumo: *Eugenia pyriformis* Cambess., espécie arbórea nativa do Brasil, apresenta sementes difíceis de serem armazenadas, devido a sensibilidade à dessecação e às baixas temperaturas, limitando a implantação de bancos de sementes. Assim, torna-se de extrema importância o conhecimento de aspectos biológicos, que possibilitem maior compreensão sobre a tolerância à dessecação dessas espécies. Neste estudo, analisou-se o grau de tolerância à dessecação de sementes de *E. pyriformis* coletadas em diferentes regiões e épocas, bem como a influência das condições hídricas e térmicas, durante o desenvolvimento e maturação, na aquisição desse processo. As sementes foram obtidas de frutos maduros recém dispersos de matrizes localizadas em São Paulo e Minas Gerais. Os resultados demonstram variações no grau de tolerância à dessecação entre as regiões e épocas de coleta de *E. pyriformis*, as quais ocorrem inclusive dentro da mesma matriz, quando coletadas em anos distintos. Nota-se que as condições hídricas e térmicas do ambiente condicionam a duração do período de maturação, bem como a qualidade fisiológica e a aquisição da tolerância à dessecação dessas sementes.

Palavras-chave: Myrtaceae, graus-dia, germinação, qualidade fisiologia

Abstract: *Eugenia pyriformis*, a native tree species from Brazil, produces seeds which show short storability due to their sensitivity to both desiccation and low temperatures, limiting the establishment of seed banks. Thus, it is very important to know the biological processes involved in the great desiccation sensitivity of these seeds. In this study we analyzed the degree of desiccation tolerance of *E. pyriformis* seeds obtained from different regions and years. The seeds were obtained from ripe fruit immediately after shedding and were analysed as for germination at different levels of drying. The results showed variations in the degree of desiccation tolerance of seeds from different regions and years. Water availability and thermal environment influenced the duration of maturation, the physiological quality and the acquisition of desiccation tolerance of these seeds.

Keywords: Myrtaceae, degree-day, germination, physiological quality

Introdução

Em relação ao armazenamento e à tolerância à dessecação, as sementes foram classificadas como ortodoxas, ou seja, tolerantes ao armazenamento e à secagem, ou recalcitrantes, intolerantes (Roberts 1973). Devido sua sensibilidade à secagem e às baixas temperaturas, as sementes recalcitrantes são difíceis de serem armazenadas (Berjak & Pammenter 2007), limitando a conservação *ex situ* por meio de banco de semente. Posteriormente verificou-se que a tolerância à dessecação não é uma situação absoluta, mas sim, que ocorre dentro de um processo contínuo, na qual há gradientes de tolerância à dessecação entre as espécies, formado pelo máximo de ortodoxia em um extremo e o máximo de recalcitrância no outro (Berjak & Pammenter 2000; Walters 2000; Perez *et al.* 2012). Tais gradientes podem ocorrer inclusive entre populações da mesma espécie, proporcionados pelas condições climáticas durante o desenvolvimento e maturação das sementes (Dussert *et al.* 2000; Daws *et al.* 2004 e 2006).

O processo de desenvolvimento da semente, que ocorre desde a fertilização do óvulo até a maturidade, é dividido em três fases. A fase I é marcada pela divisão e expansão celular, a fase II pelo acúmulo de reservas e aumento progressivo de matéria seca e, na fase III, ocorre a secagem de maturação ou a dessecação. A transição da segunda para a terceira fase coincide aproximadamente com a aquisição da tolerância à dessecação (Angelovici *et al.* 2010). Evidências fisiológicas sugerem que sementes recalcitrantes não completam a segunda fase, ocorrendo a abscisão do fruto antes de completar o desenvolvimento (Daws *et al.* 2004).

Porém, estudos com sementes recalcitrantes (*Aesculus hippocastanum* e *Acer pseudoplatanus*), coletadas em diferentes localidades da Europa, têm demonstrado que variações na temperatura do ar, vista pelo acúmulo de graus-dia, influenciam na maturidade das sementes afetando a qualidade final e a aquisição de processos fisiológicos, como a tolerância à dessecação (Daws *et al.* 2004 e 2006). Nesses estudos, os autores observaram a existência de limites de

tolerância à dessecação dentro da mesma espécie, sugerindo que se tratam de características fenotípicas.

Tais limites de tolerância à dessecação também parecem ocorrer em sementes florestais de região tropical, como mostram Martins *et al.* (2009) e Pereira *et al.* (2012), para espécies nativas do Brasil (*Euterpe edulis* e *Tapirira obtusa*, respectivamente). Os autores observaram que as condições do ambiente (chuva, temperatura e formação vegetal) podem estar influenciando os níveis de dessecação e a capacidade de armazenamento entre populações da mesma espécie.

No entanto, quando se trata de espécies nativas do Brasil há poucas informações na literatura científica que relacionam as condições climáticas com a maturação e a aquisição da tolerância à dessecação de suas sementes. Sabendo-se dessas informações, associadas às dificuldades e necessidades de armazenamento de sementes recalcitrantes, uma vez que aproximadamente 50% de espécies da flora tropical ou subtropical apresentam sementes com esse comportamento (Tweddle *et al.* 2003), torna-se de extrema importância o conhecimento de aspectos biológicos que possibilitem maior compreensão sobre a sensibilidade à dessecação de sementes, trazendo substancial contribuição aos planos de armazenamento a curto e longo prazo.

A *Eugenia pyriformis* Cambess. – Myrtaceae (uvaia, ubaia, uvaieira), é uma espécie arbórea de floresta tropical ou subtropical, ocorre em regiões da Argentina, Paraguai e Brasil, esta última do Rio Grande do Sul a São Paulo (Legrand e Klein 1969). Apresenta potencial gastronômico e farmacológico e perspectivas agroecológicas (como verificado no capítulo I desta tese). Suas sementes, com comportamento recalcitrante (Delgado & Barbedo 2007) apresentam ampla plasticidade germinativa e potencial de regeneração natural (Delgado *et al.* 2010; Amador & Barbedo 2011; Teixeira & Barbedo 2012), mostrando-se como interessante modelo para estudos fisiológicos que relacionam as variáveis meteorológicas com a maturação e a aquisição da tolerância à dessecação. Sendo assim, no presente estudo analisou-se o grau de tolerância à dessecação de sementes de *E. pyriformis* coletadas em diferentes regiões e épocas, bem como a

influência das condições hídricas e térmicas, durante desenvolvimento e maturação, na aquisição desse processo.

Material e Métodos

Obtenção do material vegetal – as sementes de *E. pyriformis* foram obtidas de diferentes regiões e épocas, apresentadas a seguir e descritas em detalhes na Tabela 1: Ribeirão Preto em 2010 (RIB), Lavras em 2009 (LAV1), Lavras em 2010 (LAV2), São Bento do Sapucaí a 884 metros em 2010 (SBS1), São Bento do Sapucaí a 1022 metros em 2010 (SBS2), São Bento do Sapucaí a 1121 metros em 2010 (SBS3), Campinas em 2009 (CAM1), Campinas em 2010 (CAM2), Campinas em 2011 (CAM3), Jumirim em 2010 (JUM), São Paulo em 2009 (SPA1), São Paulo em 2010 (SPA2), São Paulo em 2011 (SPA3), Ibiúna em 2010 (IBI1), Ibiúna em 2011 (IBI2), Santo André em 2007 (SAA), São Bernardo do Campo em 2010 (SBC1), São Bernardo do Campo em 2011 (SBC2), Itaberá em 2010 (ITA) e Pariquera-Açú em 2010 (PAR). Cada coleta, considerando-se a região e época, foi considerada uma origem distinta, reportada também como origem do material.

No período de máximo florescimento da espécie, foram marcadas as inflorescências das árvores que apresentaram maior parte das flores em antese (Figura 1A). Ao final do período de formação e maturação dos frutos, coletou-se frutos maduros recém dispersos (Figuras 1B, C), dos quais as sementes foram manualmente extraídas e armazenadas em câmara fria a 7 °C, até o início dos experimentos (Barbedo *et al.* 1998; Andrade & Ferreira 2000), não excedendo sete dias.

Medidas hídricas e térmicas do ambiente – por meio de estações meteorológicas, localizadas próximas às áreas de coleta, foram obtidos os dados diários de precipitação pluvial (mm) e temperatura (mínima e máxima) do ar (°C). Do período compreendido entre o florescimento e dispersão das sementes foram calculados a chuva acumulada (mm) e os graus-dia acumulados (GD), segundo as equações propostas por Villa Nova *et al.* (1972), considerando a temperatura base de 10 °C (Pedro Junior *et al.* 1977). Foi calculado ainda o balanço hídrico sequencial, segundo o

modelo proposto por Thornthwaite & Mather (1955), em nível de escala decendial, com capacidade de água disponível (CAD) de 125 mm (Rolim *et al.* 2007).



Figura 1. Características visuais para marcação de flores (A) e coleta de frutos maduros (B) e obtenção de sementes (C) de *Eugenia pyriformis*. Escala: 1 cm.

Determinações físicas e fisiológicas das sementes – após a coleta, as sementes foram caracterizadas quanto ao teor de água, conteúdo de massa seca e germinação. O teor de água e a massa seca foram determinados gravimetricamente, pelo método de estufa a 103 °C por 17 horas (ISTA 1985), sendo os resultados apresentados em $g \text{ água} \cdot g \text{ massa seca}^{-1}$ ($g \text{ g}^{-1}$), para o teor de água e em $g \text{ semente}^{-1}$, para a massa seca. O teste de germinação foi conduzido em câmaras aclimatizadas a 25 °C com luz constante e 100% de umidade relativa, utilizando-se o método rolo de papel (papel Germitest[®]), ou seja, duas folhas para base e uma para cobertura (Brasil 2009). As avaliações da germinação foram realizadas a cada 3 dias, durante 70 dias (Delgado & Barbedo 2007), sendo registradas as sementes que emitiram raiz primária (para o cálculo de sementes germináveis) e as que apresentaram capacidade de produção de plântulas normais (para o cálculo de germinação), sendo os resultados

apresentados em porcentagem. Para estimativa do vigor, foi calculado o índice de velocidade de germinação (IVG), conforme Maguire (1962).

Grau de tolerância à dessecação – após a caracterização, as sementes foram submetidas à secagem controlada em estufa, com circulação forçada de ar. Para tanto, foram dispostas em prateleiras forradas com tela de polietileno, em camadas simples sem sobreposição. A secagem foi realizada de forma intermitente, com 10 horas a 40 °C seguidas de 14 horas de repouso, neste último ciclo, a temperatura mínima atingida foi entre 20 e 25 °C (Delgado & Barbedo 2007). Periodicamente, com base no valor da massa seca da amostra (g), amostras de sementes foram retiradas e avaliadas quanto ao teor de água, conteúdo de massa seca e germinação, conforme descrito anteriormente. Este procedimento foi repetido até que as sementes atingissem teores de água pré-estabelecidos de 50% (1,00 g g⁻¹) e 40% (0,67 g g⁻¹), ou seja, quando 50% do vigor e da germinação, respectivamente, são perdidos (Delgado & Barbedo 2007). Desta forma, constituíram-se níveis de secagem, ou seja, sementes sem secagem (S₀); primeiro nível de secagem (S_I) e segundo nível de secagem (S_{II}).

Delineamento experimental e procedimento estatístico – o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 20 x 3 (origem do material x níveis de secagem), com três repetições, exceto para os resultados de caracterização inicial que não foram analisados em esquema fatorial. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), ao nível de 5% de significância. Quando pertinente, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% (Santana & Ranal 2004).

Tabela 1. Origem das sementes de *Eugenia pyriformis*. Período de maturação, classificação climática das regiões (Köppen) e dados meteorológicos, compreendidos entre o florescimento e dispersão das sementes (média da temperatura mínima e máxima do ar, graus-dia e chuva acumulada); características físicas e fisiológicas iniciais das sementes (teor de água, massa seca, sementes germináveis, germinação e vigor). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%. ^aValores médios acompanhados do desvio padrão.

Região e época de coleta (Período de maturação)	Classif. Köppen	Min e Max (°C)	Graus-dia (°C d)	Chuva (mm)	Teor de água ^a (g g ⁻¹)	Massa seca (g semente ⁻¹)	Germináveis (%)	Germinação (%)	Vigor (IVG)
Ribeirão Preto, SP - RIB* 21°10'S, 47°52'O e 593 m (14/08/2010-17/09/2010 = 34 dias)	Cwa	14 – 31	440	6,9	1,70 ± 0,08	0,48 efg	100 a	90 abc	1,17 ab
Lavras, MG - LAV1* 21°13'S, 44°58'O e 949 m (09/08/2009-23/09/2009 = 45 dias)	Cwa	15 – 27	495	175,4	1,53 ± 0,10	0,59 de	100 a	95 ab	1,06 abcd
Lavras, MG - LAV2* 21°13'S, 44°58'O e 949 m (15/08/2010-25/09/2010 = 41 dias)	Cwa	12 – 28	417	24,2	1,12 ± 0,06	0,80 c	100 a	100 a	1,11 ab
São Bento do Sapucaí, SP - SBS1* 22°41'S, 45°43'O e 884 m (24/08/2010-07/10/2010 = 44 dias)	Cfb	12 – 27	426	177,1	1,87 ± 0,24	0,37 gh	98 a	87 abc	1,09 abc
São Bento do Sapucaí, SP - SBS2* 22°41'S, 45°45'O e 1022 m (26/08/2010-15/10/2010 = 50 dias)	Cfb	11 – 26	448	177,1	1,34 ± 0,11	0,97 b	98 a	88 abc	0,77 fg
São Bento do Sapucaí, SP - SBS3* 22°41'S, 45°45'O e 1121 m (26/08/2010-21/10/2010 = 56 dias)	Cfb	11 – 26	472	252,4	1,12 ± 0,04	1,27 a	88 abc	72 abcd	0,65 g
Campinas, SP - CAM1* 22°52'S, 47°04'O e 645 m (01/08/2009-18/09/2009 = 48 dias)	Cwa	14 – 26	479	162,7	1,58 ± 0,08	0,31 hi	100 a	70 bcd	0,76 fg
Campinas, SP - CAM2* 22°52'S, 47°04'O e 645 m (10/08/2010-19/09/2010 = 40 dias)	Cwa	14 – 28	451	6,3	1,19 ± 0,11	0,48 efg	93 ab	92 abc	0,99 bcde
Campinas, SP - CAM3* 22°52'S, 47°04'O e 645 m (06/08/2011-14/09/2011 = 39 dias)	Cwa	14 – 28	442	36,7	1,44 ± 0,08	0,52 ef	92 ab	85 abcd	0,66 g
Jumirim, SP - JUM* 22°05'S, 47°47'O e 540 m (05/08/2010-19/09/2010 = 45 dias)	Cwa	12 – 29	481	12,6	1,47 ± 0,09	0,43 fg	98 a	95 ab	1,20 a
São Paulo, SP - SPA1* 23°38'S, 46°37'O e 785 m (25/08/2009-12/10/2009 = 48 dias)	Cwb	15 – 24	458	232,1	2,16 ± 0,44	0,19 j	93 ab	78 abcd	0,80 efg
São Paulo, SP - SPA2* 23°38'S, 46°37'O e 785 m (26/08/2010-09/10/2010 = 44 dias)	Cwb	14 – 25	428	128,8	1,82 ± 0,15	0,23 ij	70 d	63 cd	0,67 g
São Paulo, SP - SPA3* 23°38'S, 46°37'O e 785 m (31/08/2011-10/10/2011 = 40 dias)	Cwb	13 – 25	374	99,1	1,90 ± 0,14	0,24 ij	97 ab	87 abc	0,75 fg
Ibiúna, SP - IB11* 23°39'S, 47°09'O e 917 m (12/09/2010-23/10/2010 = 41 dias)	Cfb	12 – 27	413	123,6	1,53 ± 0,11	0,38 gh	93 ab	72 abcd	0,88 def
Ibiúna, SP - IB12* 23°39'S, 47°09'O e 917 m (04/09/2011-12/10/2011 = 38 dias)	Cfb	10 – 29	380	103,2	1,71 ± 0,18	0,19 j	92 ab	57 d	0,78 fg
Santo André, SP - SAA* 23°40'S, 46°32'O e 791 m (14/08/2007-27/09/2007 = 44 dias)	Cwb	13 – 26	431	3,2	1,56 ± 0,07	0,48 efg	100 a	93 ab	0,67 g
São Bernardo do Campo, SP - SBC1* 23°42'S, 46°33'O e 786 m (16/08/2010-03/10/2010 = 48 dias)	Cwb	13 – 25	458	104,3	1,27 ± 0,07	0,55 e	77 cd	68 bcd	0,89 cdef
São Bernardo do Campo, SP - SBC2* 23°42'S, 46°33'O e 786 m (16/08/2011-01/10/2011 = 46 dias)	Cwb	13 – 25	406	68,5	1,38 ± 0,10	0,39 gh	95 ab	90 abc	0,75 fg
Itaberá, SP - ITA* 23°52'S, 49°06'O e 683 m (17/08/2010-23/09/2010 = 37 dias)	Cfa	11 – 26	341	1,8	1,93 ± 0,22	0,42 fgh	97 ab	78 abcd	1,17 ab
Pariqueira-Açu, SP - PAR* 24°37'S, 47°53'O e 28 m (23/08/2010-11/10/2010 = 49 dias)	Af	15 – 25	501	87,4	1,49 ± 0,13	0,67 d	82 bcd	73 abcd	0,44 h
Coeficiente de Variação (%)					10,48	8,90	5,11	11,62	7,54

* sigla da origem do material de *Eugenia pyriformis*.

Resultados e Discussão

A análise de variância entre os fatores origem do material e nível de secagem de sementes de *Eugenia pyriformis* apresentou interação significativa para os dados sementes germináveis, germinação e índice de velocidade de germinação (Tabela 2). Em geral, verifica-se que à medida que a secagem aumenta, diminuem o número de sementes germináveis, a germinação e o vigor. Contudo, dependendo da origem do material, essas variáveis diminuem diante do primeiro (1,00 g g⁻¹) ou do segundo (0,67 g g⁻¹) nível de secagem (Tabela 2), demonstrando a existência de níveis de tolerância à dessecação. Por exemplo, as sementes coletadas em LAV1, SBS1, CAM1, CAM3, SPA1, SPA3, IBI1, SAA e PAR apresentaram quedas, para todas variáveis germinativas, logo após o primeiro nível de secagem, diferentemente das colhidas em RIB, LAV2, SBS2, SBS3, CAM2, JUM, SPA2, IBI2, SBC1, SBC2 e ITA (Tabela 2). Quando se considera cada variável isoladamente, as variações na tolerância à dessecação são ainda maiores, ora diferindo apenas para sementes germináveis, ora para germinação e vigor. Tais variações ocorreram mesmo quando comparadas as sementes coletadas na mesma região, mas em altitudes ou períodos distintos, como observado para São Bento do Sapucaí a 884, 1022 e 1121 metros ou para as regiões de Lavras, Campinas, São Paulo e São Bernardo do Campo em anos distintos (Tabelas 1, 2).

Tabela 2. Sementes germináveis, germinação e vigor (IVG) de sementes de *Eugenia pyriformis* de origens distintas, submetidas à secagem. S₀ – sementes sem secagem; S_I – primeiro nível de secagem; S_{II} – segundo nível de secagem. Médias seguidas pela mesma letra (minúscula compara origem do material e maiúscula compara níveis de secagem) não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%.

Origem do material (Teor de água, g g ⁻¹)	Germináveis (%)			Germinação (%)			Vigor (IVG)		
	Níveis de secagem			Níveis de secagem			Níveis de secagem		
	S ₀	S _I	S _{II}	S ₀	S _I	S _{II}	S ₀	S _I	S _{II}
Ribeirão Preto – RIB* (S ₀ = 1,50; S _I = 0,96; S _{II} = 0,72)	98 abA	100 aA	55 abcdB	88 abcdA	90 abA	42 abcB	1,20 bA	1,40 aB	0,28 bcdC
Lavras – LAV1* (S ₀ = 1,50; S _I = 1,00; S _{II} = 0,70)	100 aA	77 abcdeB	33 defC	98 aA	47 deB	10 deC	0,93 cdA	0,35 fgB	0,14 cdefC
Lavras – LAV2* (S ₀ = 1,22; S _I = 1,00; S _{II} = 0,67)	100 aA	100 aA	62 abcB	100 aA	100 aA	47 abB	1,09 bcA	1,21 bA	0,31 bcB
São Bento do Sapucaí – SBS1* (S ₀ = 1,94; S _I = 1,17; S _{II} = 0,67)	98 abA	69 bcdeB	44 bcdeC	87 abcdA	38 defB	18 deC	0,70 efgA	0,26 ghB	0,12 cdefC
São Bento do Sapucaí – SBS2* (S ₀ = 1,23; S _I = 1,04; S _{II} = 0,64)	97 abA	100 aA	62 abcB	85 abcdA	90 abA	42 abcB	0,86 deA	0,68 deB	0,30 bcdC
São Bento do Sapucaí – SBS3* (S ₀ = 1,17; S _I = 0,96; S _{II} = 0,64)	92 abA	88 abcA	52 abcdB	77abcdeA	77 abA	32 abcB	0,82 deA	0,96 bcA	0,26 bcdeC
Campinas – CAM1* (S ₀ = 1,56; S _I = 0,96; S _{II} = 0,79)	93 abA	75 abcdeB	15 fC	73 bcdeA	52 cdB	2 eC	0,81 defA	0,38 fgB	0,06 fC
Campinas – CAM2* (S ₀ = 1,13; S _I = 0,96; S _{II} = 0,64)	98 abA	93 abA	50 bcdeB	90 abcA	77 abA	30 bcdB	1,22 bA	0,62 deB	0,21bcdefC
Campinas – CAM3* (S ₀ = 1,50; S _I = 0,96; S _{II} = 0,70)	93 abA	53 efB	25 efC	87 abcdA	38 defB	15 deC	0,72 efgA	0,25 ghB	0,31 cdefB
Jumirim – JUM* (S ₀ = 1,70; S _I = 1,00; S _{II} = 0,69)	98 abA	98 aA	25 efC	92 abcA	93 abA	15 deB	1,42 aA	0,69 deB	0,10 defC
São Paulo – SPA1* (S ₀ = 2,03; S _I = 1,00; S _{II} = 0,75)	85 abcA	52 efB	38 defB	60 efA	25 efB	18 cdeB	0,59 ghiA	0,23 ghB	0,20 bcdefB
São Paulo – SPA2* (S ₀ = 1,50; S _I = 1,17; S _{II} = 0,67)	63 cB	83 abcdA	52 abcdB	58 efB	57 bcA	42 abcC	0,63 fghA	0,65 deA	0,37 abB
São Paulo – SPA3* (S ₀ = 1,86; S _I = 1,08; S _{II} = 0,70)	92 abA	60 defB	38 cdefC	82 abcdeA	40 defB	25 bcdeB	0,70 efgA	0,31 fgB	0,17 cdefB
Ibiúna – IBII* (S ₀ = 1,63; S _I = 0,96; S _{II} = 0,64)	93 abA	76 abcdeB	36 defC	72 cdeA	33 defB	18 deB	0,89 deA	0,33 fgB	0,14 cdefC
Ibiúna – IBII2* (S ₀ = 1,94; S _I = 1,22; S _{II} = 0,85)	88 abcA	90 abcA	62 abcB	47 fA	37 defAB	23 bcdeB	0,73 efgA	0,51 efB	0,40 abC
Santo André – SAA* (S ₀ = 1,44; S _I = 0,96; S _{II} = 0,67)	100 aA	37 fB	33 defB	97 abA	17 fB	23 bcdeB	0,42 iA	0,09 hB	0,08 efB
São Bernardo do Campo – SBC1* (S ₀ = 1,38; S _I = 1,04; S _{II} = 0,75)	73 bcA	88 abcA	77 aA	65 defA	78 abA	63 aA	0,87 deA	0,97 bcA	0,51 aB
São Bernardo do Campo – SBC2* (S ₀ = 1,27; S _I = 1,08; S _{II} = 0,75)	90 abA	90 abcA	68 abB	88 abcdeA	40 defB	25 bcdeB	0,88 deA	0,77 cdA	0,31bcB
Itaberá – ITA* (S ₀ = 1,78; S _I = 1,13; S _{II} = 0,70)	100 aA	100 aA	42 cdeB	87 abcdA	88 abA	23 bcdeB	1,43 aA	1,02 bB	0,18 bcdefC
Parquera-Açú – PAR* (S ₀ = 1,50; S _I = 1,00; S _{II} = 0,85)	82 abcA	65 cdeB	40 cdefC	74 bcdeA	31 defB	18 deB	0,44 hiA	0,23 ghB	0,11 cdefB
Coefficiente de Variação (%)	12,10			14,35			12,06		

*sigla da origem do material de *Eugenia pyriformis*.

As variações no grau de tolerância à dessecação para as sementes de *Eugenia pyriformis*, oriundas de diversas regiões e épocas, estão de acordo com as informações apresentadas por Walters (2000), para a qual a tolerância à dessecação não é uma situação absoluta e os teores de água denominados críticos ou letais, utilizados para quantificar os níveis de secagem das espécies, não ocorrem em etapas distintas, mas sim dentro de um processo contínuo (Perez *et al.* 2012), podendo variar intra ou interespecificamente (Daws *et al.* 2004; Delgado & Barbedo 2012). Essas

variações já haviam sido observadas em *Eugenia* por Delgado & Barbedo (2007 e 2012), sendo a espécie em questão (*E. pyriformis*) a mais sensível à dessecação.

As diferentes condições hídricas e térmicas (Figuras 2 a 4; Tabela 1), ocorridas no desenvolvimento e maturação de sementes de *Eugenia pyriformis*, podem ter condicionado as variações no grau de tolerância à dessecação. Por exemplo, quando comparadas às regiões de SBS2 ou SBS3 e CAM3, na qual as sementes diferiram quanto à secagem (Tabela 2), foi possível verificar diferenças na temperatura mínima do ar, nos graus-dia, na amplitude térmica, na quantidade de chuva acumulada e na exposição ao déficit hídrico (Tabela 1; Figuras 2 a 4). Nota-se, ainda, que essas variáveis podem ter condicionado a duração do período de maturação, na qual as sementes formadas num menor período foram dispersas mais imaturas (visto pelo teor de água) e apresentaram-se mais sensíveis à dessecação (Tabelas 1, 2). As diferenças na tolerância à dessecação dentro de uma espécie podem ser resultantes do grau de maturidade ou da qualidade fisiológica das sementes, condicionados pelas variáveis meteorológicas (Daws *et al.* 2004; Berjak & Pammenter 2007), o que também pode ter ocorrido para as sementes de *Eugenia pyriformis*.

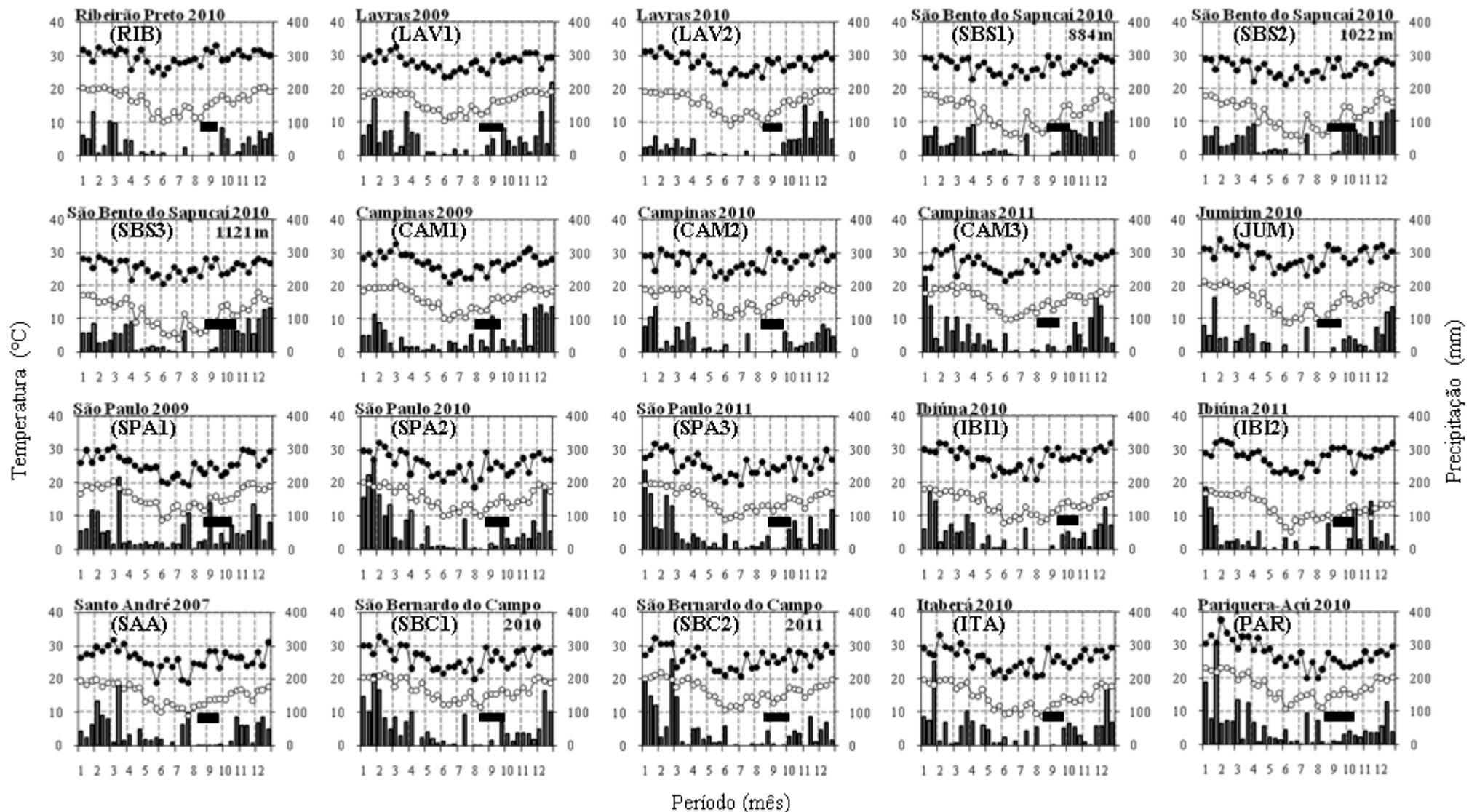


Figura 2. Dados meteorológicos de regiões e épocas de coleta de sementes de *Eugenia pyriformis*. Temperatura máxima (círculos pretos), temperatura mínima (círculos brancos), precipitação pluvial (colunas cinza) e período compreendido entre o florescimento e dispersão de sementes (barras pretas). Marcações entre parênteses representam as siglas da origem do material.

As condições do ambiente parecem ter exercido influência entre as sementes colhidas em SBS1, SBS2 e SBS3 (respectivamente, 884, 1022 e 1121 metros). Entre essas, observa-se que nas maiores altitudes, com menores temperaturas do ar (máxima e mínima), prolongou-se o período de maturação, aumentando o somatório de graus-dia (Tabela 1). Verifica-se que as sementes formadas nessas altitudes mais elevadas foram dispersas com teor de água mais baixo, maior quantidade de massa seca e foram menos sensíveis à dessecação (Tabelas 1, 2). Em média, a cada 100 metros que a altitude eleva, a temperatura do ar diminui 0,6 °C (Pereira *et al.* 2002), algo que pode ter afetado a duração do período de maturação e o acúmulo de graus-dia, bem como as variações na qualidade fisiológica e na tolerância à dessecação entre as sementes de São Bento do Sapucaí.

Diferença nos graus-dia pode ter proporcionado ainda sensibilidades distintas à dessecação entre as sementes coletadas nas regiões de JUM e SPA1 ou SPA3, ou entre as coletadas em épocas distintas, mas na mesma região, como SBC1 e SBC2 (Tabelas 1, 2). Verifica-se que quando a região ou época de coleta proporciona GD necessário para completar o desenvolvimento e maturação, ainda que ocorra baixa disponibilidade hídrica a qualidade fisiológica das sementes não é afetada, como visto, por exemplo, para as regiões de RIB ou LAV2 (Tabelas 1, 2; Figura 3). Os graus-dia apresentam fortes relações com o desenvolvimento e maturação de sementes, bem como com a aquisição da tolerância à dessecação, como descreveram Daws *et al.* (2004 e 2006). Tais autores verificaram que, de forma sistemática, as regiões que favoreceram o maior acúmulo de graus-dia durante a formação tiveram suas sementes dispersas mais vigorosas e mais tolerantes à dessecação.

No presente estudo, os graus-dia parecem influenciar a aquisição da tolerância à dessecação de sementes de *E. pyrifomis*, mas mostram-se associados à duração do período de maturação, condicionado pela disponibilidade hídrica ou pela temperatura do ar. Estudos relatam que a deficiência hídrica modifica a exigência térmica encurtando o período de maturação (Pedro Júnior *et al.* 2004; Petek *et al.* 2009). Como visto, por exemplo, para café, esta ocorrência durante os estádios iniciais de desenvolvimento pode acelerar a passagem para os estádios seguintes resultando

em frutos e grãos de menor qualidade (Camargo & Camargo 2001). Considerando-se essas informações, é possível que a baixa disponibilidade hídrica possa ter modificado a duração do período de maturação e a sensibilidade à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis* (Tabelas 1, 2; Figuras 2, 3).

A amplitude térmica é outra variável que parece influenciar a maturação e a tolerância à secagem de *E. pyriformis*. Por exemplo, quando analisadas às sementes coletadas em épocas distintas nas regiões de Lavras (LAV1 e LAV2) ou São Paulo (SPA1 e SPA2) verifica-se que o ano de 2009 proporcionou período maior de maturação, seguido de maior somatório de graus-dia. No entanto, em 2010 a amplitude térmica foi maior e suas sementes dispersas com teor de água mais baixo, maior acúmulo de massa seca e menos sensíveis à dessecação (Figura 4; Tabelas 1, 2).

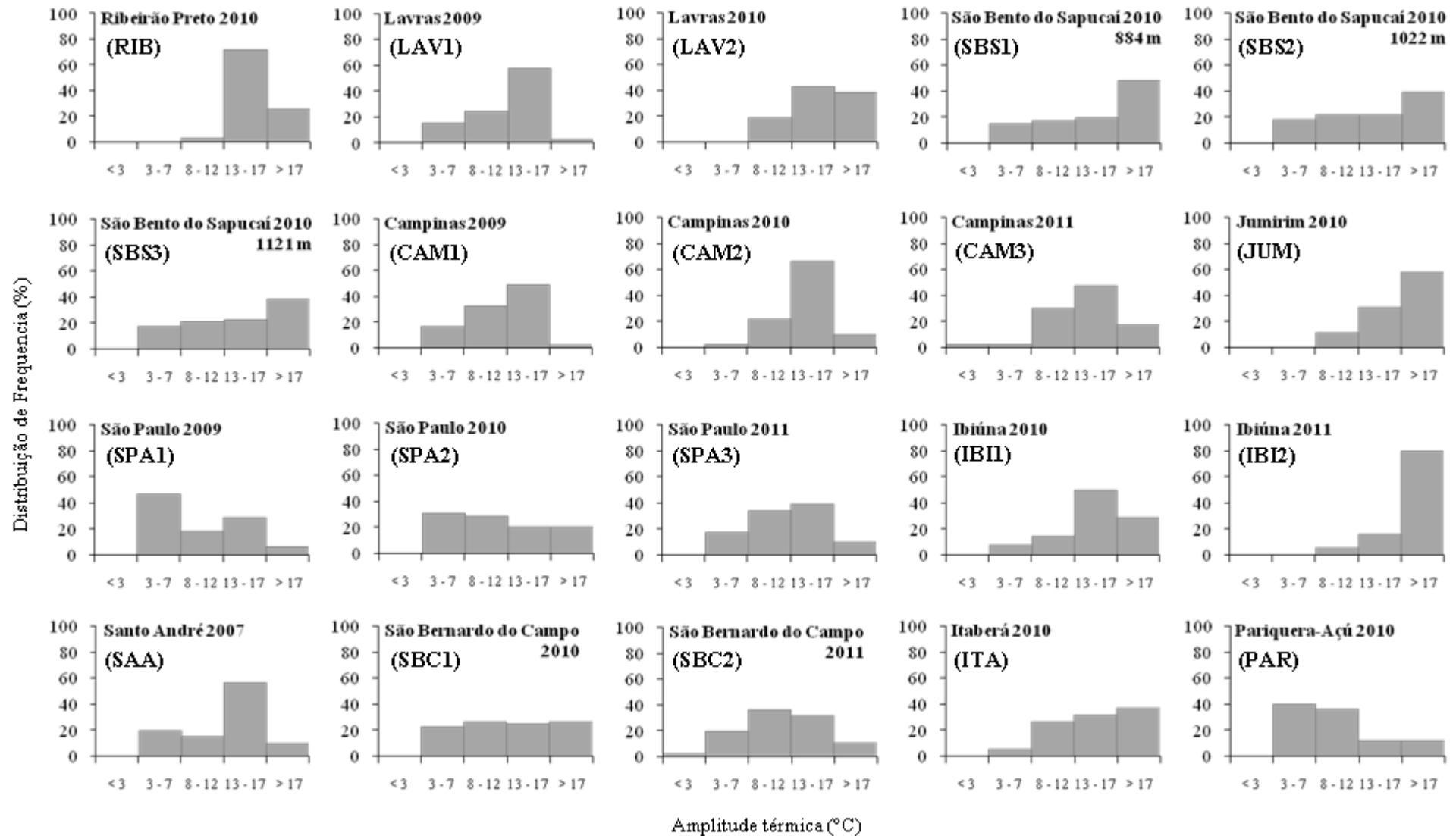


Figura 4. Distribuição de frequência da amplitude térmica das regiões e épocas de coleta, durante o período de formação de sementes de *Eugenia pyriformis*. Marcações entre parênteses representam as siglas da origem do material.

A temperatura do ar, durante a embriogênese zigótica e a maturação das sementes, regula a expressão de genes envolvidos em processos fisiológicos, como a fenologia, o desenvolvimento e a aclimação de plantas, estando os graus-dia fortemente associados com o amadurecimento de sementes (Johnsen *et al.* 2005). Assim, a temperatura do ar, seja na forma de graus-dia ou de amplitude térmica, pode ter condicionado a maturação e a aquisição da tolerância à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis*. Contudo, é de grande importância a análise conjunta das variáveis meteorológicas, uma vez que são interdependentes (Pereira *et al.* 2002). Essas informações, associadas aos resultados aqui apresentados, podem ser reforçadas quando analisadas as sementes produzidas em Pariquera-Açú, região relativamente com maior acúmulo de graus-dia, sem baixa disponibilidade hídrica, durante o período de maturação (Tabela 1; Figuras 2, 3). No entanto, suas sementes não foram as mais vigorosas e tolerantes à secagem (Tabelas 1, 2), provavelmente devido à baixa amplitude térmica da região (Figura 4), causada pela influência da oceanalidade (Pereira *et al.* 2002).

Os resultados obtidos demonstraram que as condições hídricas e térmicas do ambiente podem influenciar a maturação de sementes de *E. pyriformis*, com consequências na qualidade fisiológica e na aquisição da tolerância à dessecação. Porém, mesmo sob condições desfavoráveis de chuva ou temperatura, observa-se a produção de sementes viáveis, embora de qualidade inferior, demonstrando a plasticidade germinativa e a capacidade de aclimação dessa espécie a diversos ambientes. Por exemplo, as sementes oriundas de regiões ou épocas de baixa disponibilidade hídrica germinaram mais rapidamente (Figuras 2, 3; Tabela 1). Como descreveram Daws *et al.* (2005) e Norden *et al.* (2008), a velocidade de germinação está associada às estratégias adaptativas ou de regeneração natural, podendo minimizar riscos de mortalidade induzidos pela dessecação, em períodos de baixo índice de pluviosidade.

Em *E. pyriformis*, provavelmente essas respostas ocorram devido as características fisiológicas de suas sementes, como já visto pelo potencial de regeneração de seus embriões (Delgado *et al.* 2010; Amador e Barbedo 2011; Teixeira e Barbedo 2012), pelas variações no

potencial de armazenamento e na exigência térmica para a germinação (Andrade e Ferreira 2000; Scalon *et al.* 2012) e pelos limites de tolerância à dessecação, conforme descrito.

Como vimos, em função da origem do material, as sementes de *E. pyriformis* apresentam amplas variações no teor de água que identificam quedas na germinação ou no vigor, valores que foram distintos, por exemplo, dos resultados apresentados por Delgado & Bardedo (2007) e Scalon *et al.* (2012), autores que estudaram a tolerância à dessecação de sementes dessa espécie, oriundas de regiões e períodos diferentes do presente trabalho. Essas variações reforçam a questão de que a tolerância à dessecação ocorre dentro de um processo contínuo (Perez *et al.* 2012) e que a origem das sementes e a época de coleta influenciam seus limites. Além disso, nota-se que os níveis de secagem de *E. pyriformis* variam continuamente em relação à duração do período de maturação e, conseqüentemente, ao grau de maturidade e à qualidade fisiológica das sementes após a dispersão natural.

Tais resultados, estão de acordo com as informações apresentadas por Dussert *et al.* (2000) e Daws *et al.* (2004 e 2006), visto que os níveis de tolerância à dessecação, dentro de uma espécie, são resultantes da continuidade do desenvolvimento, na qual influenciados pelas condições climáticas podem ocorrer de forma mais rápida e as sementes dispersas de forma mais precoce, ou seja, antes de completar a maturação e adquirir suas características fisiológicas. Contudo, como *Eugenia pyriformis* produz sementes recalcitrantes, não apresentando a aquisição do processo de tolerância à dessecação, como ocorrem com as ortodoxas (Berjak & Pammenter 2007; Delgado & Bardedo 2007; Angelovici *et al.* 2010), as variações podem ser em função de diferenças no avanço desse processo, durante o desenvolvimento e maturação, antes que haja o desligamento da planta mãe. A tolerância à dessecação, neste caso, poderia avançar tanto mais quanto mais favoráveis forem as condições hídricas e térmicas do ambiente, propiciando maior período de maturação e acúmulo de graus-dia.

Por fim, verificamos que existem variações no grau de tolerância à dessecação entre as regiões e épocas de coleta de sementes de *Eugenia pyriformis*, inclusive que tais variações ocorrem

dentro da mesma região ou matriz, quando coletadas em anos distintos. Nota-se, ainda, que as condições hídricas e térmicas do ambiente podem condicionar o período de maturação, bem como a qualidade fisiológica e a aquisição da tolerância à dessecação dessas sementes.

Referências bibliográficas

Amador, A.S. & Barbedo, C.J. 2011. Potencial de inibição da regeneração de raízes e plântulas em sementes germinantes de *Eugenia pyriformis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46: 814-821.

Andrade, R.N.B. & Ferreira, A.G. 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. Revista Brasileira de Sementes 22: 118-125.

Angelovici, R., Galili, G., Fernie, A.R. & Fait, A. 2010. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. Trends in Plant Science 15: 211-218.

Barbedo, C.J., Kohama, S., Maluf, A.M. & Bilia, D.A.C. 1998. Germinação e armazenamento de diásporos de cerejeira (*Eugenia involucrata* DC. - Myrtaceae) em função do teor de água. Revista Brasileira de Sementes 20: 184-188.

Berjak, P. & Pammenter, N. 2000. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12 (Edição Especial): 22-55.

Berjak, P. & Pammenter, N.W. 2007. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. Annals of Botany 1-16.

Brasil. 2009. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Regras para Análise de Sementes. Brasília, 399p.

Camargo, A.P. & Camargo, M.B.P. 2001. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil. Bragantia 60: 65-68.

Daws, M.I., Cleland, H., Chmielarz, P., Gorin, F., Leprince, O., Matthews, S., Mullins, C.E., Thanos, C.A., Vandvik, V. & Pritchard, H.W. 2006. Variable dessication tolerance in *Acer*

- pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology* 33: 59-66.
- Daws, M.I., Garwood, N.C. & H.W, Pritchard.** 2005. Traits of recalcitrant seeds in a semi-deciduous tropical forest in Panamá: some ecological implications. *Functional Ecology* 19: 874–885.
- Daws, M.I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C.A. & Pritchard, H.W.** 2004. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist* 162: 157-166.
- Delgado, L.F. & Barbedo, C.J.** 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 265-272.
- Delgado, L.F. & Barbedo, C.J.** 2012. Water potential and viability of seeds of *Eugenia* (Myrtaceae), a tropical tree species, based upon different levels of drying. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55: 583-590.
- Delgado, L.F., Mello, J.I.O. & Barbedo, C.J.** 2010. Potential for regeneration and propagation from cut seeds of *Eugenia* (Myrtaceae) tropical tree species. *Seed Science and Technology* 38: 624-634.
- Dussert, S., Chabrillange, N., Engelmann, F., Anthony, F., Louarn, J. & Hamon, S.** 2000. Relationship between seed desiccation sensitivity, seed water content at maturity and climatic characteristics of native environments of nine *Coffea* L. species. *Seed Science Research* 10: 293-300.
- Ista.** 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology* 13: 356-513.
- Johnsen, Ø., Fossdal, C.G., Nagy, N., Mølmann, J., Dæhlen, O.G. & Skrøppa, T.** 2005. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. *Plant, Cell and Environment* 28: 1090-1102.
- Legrand, D.C. & Klein, R.M.** 1969. Mirtáceas. *In*: R. Reitz (ed.). *Flora ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.

- Maguire, J.D.** 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-177.
- Martins, C.C., Bovi M.L.A., Nakagawa, J. & Machado, C.G.** 2009. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. *Revista Árvore* 33: 635-642.
- Norden, N., Daws, M.I., Antoine, C., Gonzalez, M.A., Garwood, N.C. & Chave, J.** 2009. The relationship between seed mass and mean time to germination for 1037 tree species across five tropical forests. *Functional Ecology* 23: 203-210.
- Pedro Júnior, J.M., Camargo, M.B.P., Moraes, A.V.C., Felício, J.C.F. & Castro, J.L.** 2004. Temperatura-base, graus-dia e duração do ciclo para cultivares de triticale. *Bragantia* 63: 447-453.
- Pedro Junior, M.J, Brunini, O., Alfonsi, R.R. & Angelocci, L.R.** 1977. Estimativa de graus-dia em função de altitude e latitude para o estado de São Paulo. *Bragantia* 36: 89-92.
- Pereira, A.R., Angelocci, L.R. & Sentelhas, P.C.** 2002. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas. Livraria e Editora Agropecuária. Guaíba, RS. 478p.
- Pereira, W.V.S., Faria, J.M.R., Tonetti, O.A.O. & Silva, E.A.A.** 2012. Desiccation tolerance of *Tapirira obtusa* seeds collected from different environments. *Revista Brasileira de Sementes* 34: 388-396.
- Pérez, H.E., Hill, L.M. & Walters, C.** 2012. An analysis of embryo development in palm: interactions between dry matter accumulation and water relations in *Pritchardia remota* (Arecaceae). *Seed Science Research* 22: 97-111.
- Petek, M.R., Sera, T. & Fonseca, I.C.B.** 2009. Exigências climáticas para o desenvolvimento e maturação dos frutos de cultivares de *Coffea arábica*. *Bragantia* 68: 169-181.
- Roberts, E.H.** 1973. Predicting the storage life of seeds. *Seed Science and Technology* 1: 499-514.
- Rolim, G.de.S., Camargo, M.B.P.de., Lania, D.G. & Moraes, J.F.L.de.** 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. *Bragantia* 66: 711-720.

- Santana, D.G & Ranal, M.A.** 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Universidade de Brasília, Brasília.
- Scalon, S.P.Q., Neves, E.M.S., Maseto, T.E. & Pereira, Z.V.** 2012. Sensibilidade à dessecação e ao armazenamento em sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. (uvaia). Revista Brasileira de Fruticultura 34: 269-276.
- Teixeira, C.C. & Barbedo, C.J.** 2012. The development of seedlings from fragments of monoembryonic seeds as an important survival strategy for *Eugenia* (Myrtaceae) tree species. Trees 26: 069-1077.
- Thorntwaite, C.W. & Mather, J.R.** 1955. The water balance. New Jersey: Drexel Institute of Technology (Publications in Climatology) 104p.
- Tweddle, J.C., Dickie, J.B., Baskin, C.C. & Baskin, J.M.** 2003. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. Journal of Ecology 91: 294-304.
- Villa Nova, N.A., Pedro Júnior, M.J., Pereira, A.R. & Ometto, J.C.** 1972. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. Caderno Ciência da Terra 30: 1-8.
- Walters, C.** 2000. Levels of recalcitrance in seeds. Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal 12 (Edição Especial): 7-21.

CAPÍTULO V

Metabolismo respiratório de sementes de *Eugenia pyriformis* formadas sob diferentes condições ambientais

Resumo: A elevada atividade respiratória de sementes recalcitrantes após a dispersão está entre os principais processos que envolvem sua rápida deterioração. Contudo, características fisiológicas e respiratórias podem apresentar alterações, entre populações, em respostas adaptativas ou em decorrência às condições ambientais. No presente estudo, analisou-se a taxa respiratória de sementes de *Eugenia pyriformis* coletadas em diferentes regiões e épocas e submetidas a diferentes regimes térmicos e níveis de secagem, incluindo-se o cálculo dos graus-dia e da chuva acumulada durante o desenvolvimento e maturação das sementes. Os resultados mostram que as sementes de *Eugenia pyriformis* apresentam variações na intensidade respiratória em função da origem do material, algo que se mantém sob diferentes regimes térmicos e níveis de secagem. Tal resposta fisiológica pode estar associada às condições hídricas e térmicas do ambiente e ao grau de maturidade das sementes após dispersão.

Palavras-chave: Myrtaceae, oxidação, regimes térmicos, secagem

Abstract: The high respiratory activity of recalcitrant seeds after shedding is one of the most important processes that lead to its rapid deterioration. However, this respiratory activity could vary for seeds from different populations as a consequence of adaptive responses to environmental conditions. In this study, we analyzed the respiratory rate of seeds of *Eugenia pyriformis* from different regions and years and after drying levels. In each region, degree days and rain accumulated during development and maturation seeds were calculated. The results showed that seeds of *Eugenia pyriformis* had different respiratory rates according to their origin, being in conjunction with the environmental factors and degree of maturity of seeds after dispersal.

Keywords: Myrtaceae, oxidation, thermal regimes, drying

Introdução

Sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess. (espécie nativa do Brasil) são intolerantes à dessecação. Dispersas com elevado teor de água e em intensa respiração, suportam armazenamento apenas por alguns meses (Andrade & Ferreira 2000; Delgado & Barbedo 2007, Berjak & Pammenter 2007; Angelovici *et al.* 2010). Estudos sugerem que a elevada atividade respiratória, o metabolismo desordenado e a baixa proteção às espécies reativas de oxigênio e ao ataque de radicais livres nos sistemas de membranas estão entre os principais eventos que envolvem a rápida deterioração dessas sementes, dificultando o armazenamento (Pammenter *et al.* 1994; Barbedo & Marcos Filho 1998; Leprince *et al.* 1999; Berjak & Pammenter 2007; Chappell Jr. & Cohn 2011).

Diversas características fisiológicas das sementes podem variar entre e dentro das espécies como respostas adaptativas ou em decorrência às condições ambientais, demonstrando variações no armazenamento e nos limites térmicos para a germinação (Daws *et al.* 2004 e 2006; Martins *et al.* 2009; Mattana *et al.* 2012). Variações na temperatura do ar (representada pelo conceito de graus-dia), durante a formação das sementes podem, inclusive, influenciar a maturidade fisiológica, afetando o teor de água inicial, a germinação, os níveis de dormência e a tolerância à dessecação (Daws *et al.* 2004 e 2006). Contudo, além dessas características, a atividade metabólica após a dispersão também pode diferir em função do padrão de desenvolvimento das sementes (Wilson *et al.* 1970; Berjak & Pammenter 2007).

Desta forma, o conhecimento da influência das condições ambientais sobre as características fisiológicas de sementes sensíveis à dessecação pode trazer substancial contribuição para se compreender os processos que envolvem sua rápida deterioração e para a adoção de procedimentos para conservação *ex situ* das espécies, por meio de bancos de sementes. No presente estudo foram analisadas as variações nas taxas respiratórias de sementes de *Eugenia pyriformis* em função da sua origem.

Material e Métodos

Obtenção do material vegetal – as sementes de *Eugenia pyriformis* foram obtidas de frutos maduros recém dispersos, coletados em diferentes regiões e épocas, conforme descrito à seguir e, em detalhes, na Tabela 1: Ribeirão Preto em 2010 (RIB); Lavras em 2009 (LAV1); Lavras em 2010 (LAV2); São Bento do Sapucaí a 884 metros em 2010 (SBS1); São Bento do Sapucaí a 1022 metros em 2010 (SBS2); São Bento do Sapucaí a 1121 metros em 2010 (SBS3); Campinas em 2009 (CAM1); Campinas em 2010 (CAM2); Campinas em 2011 (CAM3); Jumirim em 2010 (JUM); São Paulo em 2009 (SPA1); São Paulo em 2010 (SPA2); São Paulo em 2011 (SPA3); Ibiúna em 2010 (IBI1); Ibiúna em 2011 (IBI2); Santo André em 2007 (SAA); São Bernardo do Campo em 2010 (SBC1); São Bernardo do Campo em 2011 (SBC2); Itaberá em 2010 (ITA); Pariquera-Açú em 2010 (PAR). Cada coleta, considerando-se a região e a época, foi considerada uma origem distinta.

Após a coleta, as sementes foram extraídas dos frutos, com auxílio de peneira e água corrente, e armazenadas em câmara fria a 7 °C até o início dos experimentos, não excedendo sete dias (Andrade & Ferreira 2000).

Dados meteorológicos – de estações meteorológicas localizadas próximas às áreas de coleta foram obtidos os dados diários de precipitação pluvial (mm) e temperatura (mínima e máxima) do ar (°C). Inicialmente inflorescências das árvores foram marcadas no período de máximo florescimento da espécie e as sementes colhidas imediatamente após a dispersão natural. Do período compreendido entre o florescimento e a dispersão foram calculados os graus-dia acumulados (GD), segundo as equações propostas por Villa Nova *et al.* (1972), considerando-se a temperatura base de 10°C (Pedro Junior *et al.* 1977) e a chuva acumulada (mm).

Tabela 1. Regiões e épocas de coleta de sementes de *Eugenia pyriformis*. Período de maturação, classificação climática das regiões e dados meteorológicos, compreendidos entre o florescimento e dispersão das sementes (graus-dia e chuva acumulada); características físicas e fisiológicas iniciais das sementes (teor de água e sementes germináveis). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5%. ^aValores médios acompanhados do desvio padrão.

Região e época de coleta (localização e classificação de Köppen)	Período de maturação	Graus-dia (°C d)	Chuva (mm)	Teor de água ^a (g g ⁻¹)	Germináveis (%)
Ribeirão Preto, SP – RIB* (21°10'S, 47°52'O e 593 m; Cwa)	14/08/10-17/09/10 = 34 dias	440	6,9	1,70 ± 0,08	100 a
Lavras, MG – LAV1* (21°13'S, 44°58'O e 949 m; Cwa)	09/08/09-23/09/09 = 45 dias	495	175,4	1,53 ± 0,10	100 a
Lavras, MG – LAV2* (21°13'S, 44°58'O e 949 m; Cwa)	15/08/10-25/09/10 = 41 dias	417	24,2	1,12 ± 0,06	100 a
São Bento do Sapucaí, SP – SBS1* (22°41'S, 45°43'O e 884 m; Cfb)	24/08/10-07/10/10 = 44 dias	426	177,1	1,87 ± 0,24	98 a
São Bento do Sapucaí, SP – SBS2* (22°41'S, 45°45'O e 1022 m; Cfb)	26/08/10-15/10/10 = 50 dias	448	177,1	1,34 ± 0,11	98 a
São Bento do Sapucaí, SP – SBS3 (22°41'S, 45°45'O e 1121 m; Cfb)	26/08/10-21/10/10 = 56 dias	472	252,4	1,12 ± 0,04	88 abc
Campinas, SP – CAM1* (22°52'S, 47°04'O e 645 m; Cwa)	01/08/09-18/09/09 = 48 dias	479	162,7	1,58 ± 0,08	100 a
Campinas, SP – CAM2* (22°52'S, 47°04'O e 645 m; Cwa)	10/08/10-19/09/10 = 40 dias	451	6,3	1,19 ± 0,11	93 ab
Campinas, SP – CAM3* (22°52'S, 47°04'O e 645 m; Cwa)	06/08/11-14/09/11 = 39 dias	442	36,7	1,44 ± 0,08	92 ab
Jumirim, SP – JUM* (22°05'S, 47°47'O e 540 m; Cwa)	05/08/10-19/09/10 = 45 dias	481	12,6	1,47 ± 0,09	98 a
São Paulo, SP – SPA1* (23°38'S, 46°37'O e 785 m; Cwb)	25/08/09-12/10/09 = 48 dias	458	232,1	2,16 ± 0,44	93 ab
São Paulo, SP – SPA2* (23°38'S, 46°37'O e 785 m; Cwb)	26/08/10-09/10/10 = 44 dias	428	128,8	1,82 ± 0,15	70 d
São Paulo, SP – SPA3* (23°38'S, 46°37'O e 785 m; Cwb)	31/08/11-10/10/11 = 40 dias	374	99,1	1,90 ± 0,14	97 ab
Ibiúna, SP – IBI1* (23°39'S, 47°09'O e 917 m; Cfb)	12/09/10-23/10/10 = 41 dias	413	123,6	1,53 ± 0,11	93 ab
Ibiúna, SP – IBI2* (23°39'S, 47°09'O e 917 m; Cfb)	04/09/11-12/10/11 = 38 dias	380	103,2	1,71 ± 0,18	92 ab
Santo André, SP – SAA* (23°40'S, 46°32'O e 791 m; Cwb)	14/08/07-27/09/07 = 44 dias	431	3,2	1,56 ± 0,07	100 a
São Bernardo do Campo, SP – SBC1* (23°42'S, 46°33'O e 786 m; Cwb)	16/08/10-03/10/10 = 48 dias	458	104,3	1,27 ± 0,07	77 cd
São Bernardo do Campo, SP – SBC* (23°42'S, 46°33'O e 786 m; Cwb)	16/08/11-01/10/11 = 46 dias	406	68,5	1,38 ± 0,10	95 ab
Itaberá, SP – ITA* (23°52'S, 49°06'O e 683 m; Cfa)	17/08/10-23/09/10 = 37 dias	341	1,8	1,93 ± 0,22	97 ab
Pariquera-Açú, SP – PAR* (24°37'S, 47°53'O e 28 m; Af)	23/08/10-11/10/10 = 49 dias	501	87,4	1,49 ± 0,13	82 bcd
Coeficiente de variação (%)				10,48	5,11

*sigla da origem do material de *Eugenia pyriformis*.

Caracterização inicial das sementes – as sementes foram caracterizadas quanto ao teor de água, germinação e respiração. O teor de água foi determinado gravimetricamente, pelo método de estufa a 103 °C por 17 horas (ISTA 1985), sendo os resultados apresentados em g de água por g de massa seca ($\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). O teste de germinação foi conduzido em câmaras de germinação a 25 °C com luz constante e 100% de umidade relativa, utilizando-se o método rolo de papel (Brasil 2009). As avaliações foram realizadas a cada 3 dias, durante 70 dias (Delgado & Barbedo 2007), sendo registradas as sementes que emitiram raiz primária, para o cálculo de sementes germináveis (valores apresentados em %).

Avaliação da taxa respiratória – a respiração foi determinada por meio de analisador de oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) “Illinois Instruments, Inc., Johnsbury, EUA (modelo 6600)”, segundo metodologia descrita por Lamarca & Barbedo (2012). Para tanto, amostras de sementes de *E. pyriformis* foram incubadas na ausência de luz em embalagens herméticas de 600 mL (embalagens com tampas perfuradas, recobertas por septo de borracha, para a inserção do eletrodo do equipamento). Antes da incubação foi determinada a massa fresca (g) e o teor de água, bem como o volume total do ar das embalagens (segundo o princípio da hidrostática), para que se calcule o volume resultante do ar depois de descontado o volume ocupado pelas sementes.

O fechamento das embalagens foi determinado como o início do experimento, correspondendo à atmosfera normal (20,9% de oxigênio e 0,03% de dióxido de carbono). O consumo de O_2 e a produção de CO_2 pelas sementes foram estimados pela diferença entre os valores medidos e os da atmosfera normal. Após cada medida, as embalagens foram abertas por alguns minutos para reequilíbrio com a atmosfera normal sendo, em seguida, novamente fechadas para a continuidade do experimento. Considerando-se a pressão atmosférica local, os valores obtidos em porcentagem de O_2 ou de CO_2 foram convertidos para pressão parcial do gás, segundo a fórmula $p_1/P = v_1\%/V\%$ (Feltre 1982), sendo:

p_1 = pressão parcial do gás (em atm);

P = pressão atmosférica local (em atm);

$v_1\%$ = volume do gás, em porcentagem;

$V\%$ = volume total (=100%).

A seguir, baseando-se no volume das embalagens e na temperatura registrada em cada avaliação, os valores foram convertidos para μmol de O_2 e de CO_2 , pela equação de Clapeyron:

$p_1 V = n R T$, sendo:

V = volume total de ar do frasco (em L)

n = número de moles do gás

R = constante universal dos gases perfeitos ($0,082 \text{ atm L mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

T = temperatura (em Kelvin)

Baseando-se em experimentos prévios da média de consumo diário de O_2 e liberação de CO_2 pelas sementes de *E. pyriformis*, as avaliações foram realizadas no intervalo de um dia. Os valores obtidos nas avaliações foram somados e divididos pela massa seca total da amostra e pelo número de dias de incubação, obtendo-se o valor de O_2 ou CO_2 expresso em micromol por grama de massa seca por dia ($\mu\text{mol O}_2$ ou $\text{CO}_2 \text{ g MS}^{-1} \text{ d}^{-1}$). Foi calculado, também, o quociente respiratório (QR), dividindo-se o valor obtido para produção de CO_2 pelo obtido para consumo de O_2 ($\text{QR} = \text{CO}_2 \text{ O}_2^{-1}$), ambos em $\mu\text{mol g MS}^{-1} \text{ d}^{-1}$, segundo descrito por Kader & Saltveit (2002).

Taxas respiratórias sob regimes térmicos ou níveis de secagem – após a caracterização inicial, as sementes foram submetidas a diferentes regimes térmicos e níveis de secagem para a avaliação da respiração. Para tanto, foram utilizadas sementes de RIB, LAV2, SBS2, CAM2, JUM, SBC1 e ITA, todas de 2010. Amostras dessas sementes foram incubadas em câmaras do tipo B.O.D a 10, 15, 20, 25, 30 e 35 °C e avaliadas quanto a respiração, conforme descrito anteriormente. Amostras de sementes foram também submetidas à secagem em estufa com circulação forçada de ar. Para tanto, foram dispostas em prateleiras forradas com tela de polietileno, em camadas simples sem sobreposição. A secagem foi realizada de forma intermitente, conforme descrito por Delgado & Barbedo (2007). Periodicamente, com base no valor da massa seca da amostra (g), foram retiradas sementes e avaliadas quanto ao teor de água e taxas respiratórias, como já descrito (a taxa

respiratória para a caracterização inicial e após secagem foi realizada a 25 °C). Tal procedimento foi repetido até que as sementes atingissem teores de água pré-estabelecidos de 1,00 g g⁻¹ (primeiro nível de secagem) e 0,67 g g⁻¹ (segundo nível de secagem).

Delineamento experimental e procedimento estatístico – o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial, associando-se origem do material x regimes térmicos (7 x 6) e origem do material x níveis de secagem (7 x 3), exceto para os resultados da caracterização inicial, os quais foram analisados no respectivo fator. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste F), ao nível de 5% de significância. Quando pertinente, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey, também ao nível de 5% (Santana & Ranal 2004).

Resultados e Discussão

As taxas respiratórias de sementes de *Eugenia pyriformis*, logo após a dispersão natural, demonstraram a existência de variações no metabolismo de sementes conforme sua origem (Figura 1). Observa-se que de acordo com os valores do consumo de O₂ ou da produção de CO₂, as origens dos materiais, podem ser agrupadas em três categorias de intensidade respiratória, ou seja, categoria I - menor que 0,5 μmol O₂ ou CO₂ g MS⁻¹ d⁻¹ (x100), para LAV1, LAV2, SBS1, JUM e SAA; categoria II - entre 0,5 e 1,0 μmol O₂ ou CO₂ g MS⁻¹ d⁻¹(x100), para SBS2, SBS3, CAM1, CAM2, CAM3, SBC1, SBC2, ITA e PAR; e categoria III acima de 1,0 μmol O₂ ou CO₂ g MS⁻¹ d⁻¹ (x100), para RIB, SAP1, SPA2, SPA3 e IBI2 (Figura 1). Nota-se que a evolução dessas categorias está associada ao teor de água inicial das sementes (Tabela 1), na qual na categoria I, a média do teor de água de suas sementes foi de 1,52 g g⁻¹, na II foi 1,41 g g⁻¹ e na categoria III foi 1,86 g g⁻¹, visto que o conjunto de valores que proporcionou o teor de água mais elevado, foi o mesmo que proporcionou a categoria de intensidade respiratória.

O quociente respiratório (QR, ou seja, relação CO₂ O₂⁻¹) também variou conforme a origem das sementes: algumas apresentaram maior distanciamento entre os gases, gerando QR inferior a 1 (Figura 1), provavelmente devido à presença de reações oxidativas (além da própria respiração) ou de mudanças no substrato respiratório, ou seja, processos que consomem mais oxigênio (Labouriau 1983). Por exemplo, regiões como RIB ou SPA1, cujas taxas respiratórias e os teores de água foram mais elevados, apresentaram QR abaixo de 1, contudo, o mesmo ocorreu, para regiões cujos níveis de respiração foram baixos (LAV1, CAM1, CAM3 e SAA), demonstrando que tais reações podem ocorrer em alta ou em baixa atividade metabólica. Esses distanciamentos entre o consumo de O₂ e a produção de CO₂ foram observados, ainda, para sementes oriundas da mesma região, mas de épocas distintas, como CAM1, CAM2, CAM3, visto que o QR foi inferior a 1 para as sementes dispersas com teor de água mais elevado (Figura 1; Tabela 1).

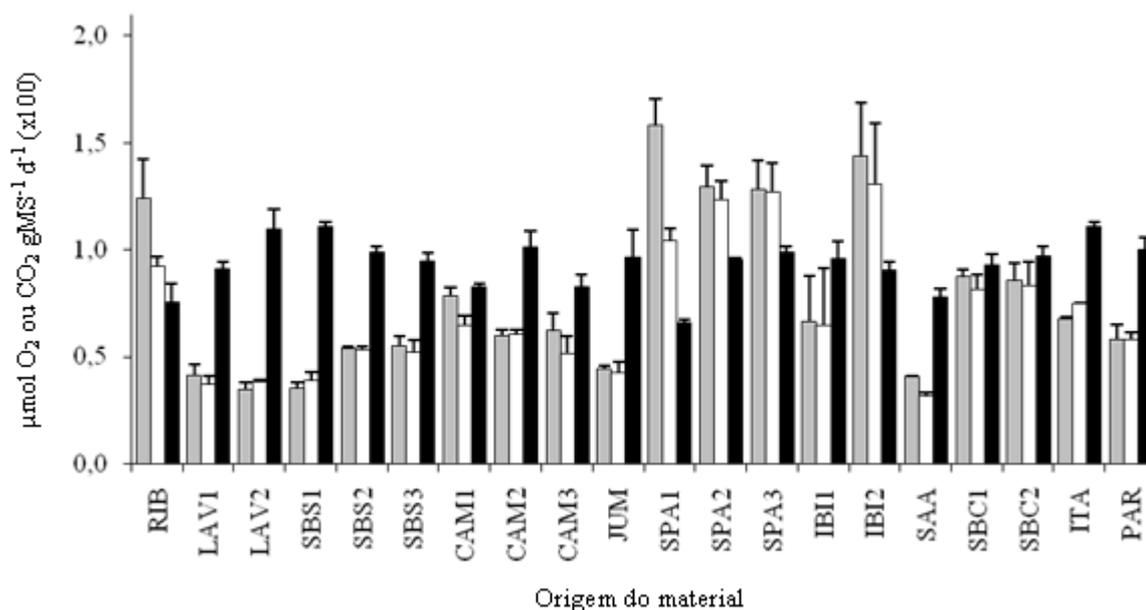


Figura 1. Taxas respiratórias de sementes de *Eugenia pyriformis* de origens distintas, descritas a seguir: RIB - Ribeirão Preto em 2010; LAV1 - Lavras em 2009; LAV2 - Lavras em 2010; SBS1 - São Bento do Sapucaí a 884 metros em 2010; SBS2 - São Bento do Sapucaí a 1022 metros em 2010; SBS3 - São Bento do Sapucaí a 1121 metros em 2010; CAM1 - Campinas em 2009; CAM2 - Campinas em 2010; CAM3 - Campinas em 2011; JUM - Jumirim em 2010; SPA1 - São Paulo em 2009; SPA2 - São Paulo em 2010; SPA3 - São Paulo em 2011; IBI1 - Ibiúna em 2010; IBI2 - Ibiúna em 2011; SAA - Santo André em 2007; SBC1 - São Bernardo do Campo em 2010; SBC2 - São Bernardo do Campo em 2011; ITA - Itaberá em 2010; PAR - Pariquera-Açú em 2010. As colunas representam os valores médios acompanhados do desvio padrão. (Colunas cinza – consumo de O₂; colunas brancas – produção de CO₂; colunas pretas – QR).

As variações no metabolismo respiratório de *E. pyriformis* permaneceram quando as sementes foram submetidas a diferentes regimes térmicos ou a diferentes níveis de secagem (Figura 2). Em relação ao regime térmico, a análise de variância apresentou interação significativa entre os fatores origem do material x regime térmico, para o consumo de O₂, produção de CO₂ e QR (Figuras 2A, C, E, G, I, L, N). Em geral, nota-se que o O₂ e o CO₂ aumentam à medida que aumenta a temperatura de incubação (Figuras 2A, C, E, G, I, L, N). A variável QR também modificou em função da temperatura, verifica-se que para alguns materiais a relação produção de CO₂ e consumo de O₂ tende a aproximar-se de 1 na faixa térmica de 20 a 30 °C (Figuras 2C, G, I, N), curiosamente a faixa adequada para a germinação e desenvolvimento de sementes de *Eugenia pyriformis* (como verificado no capítulo II desta tese).

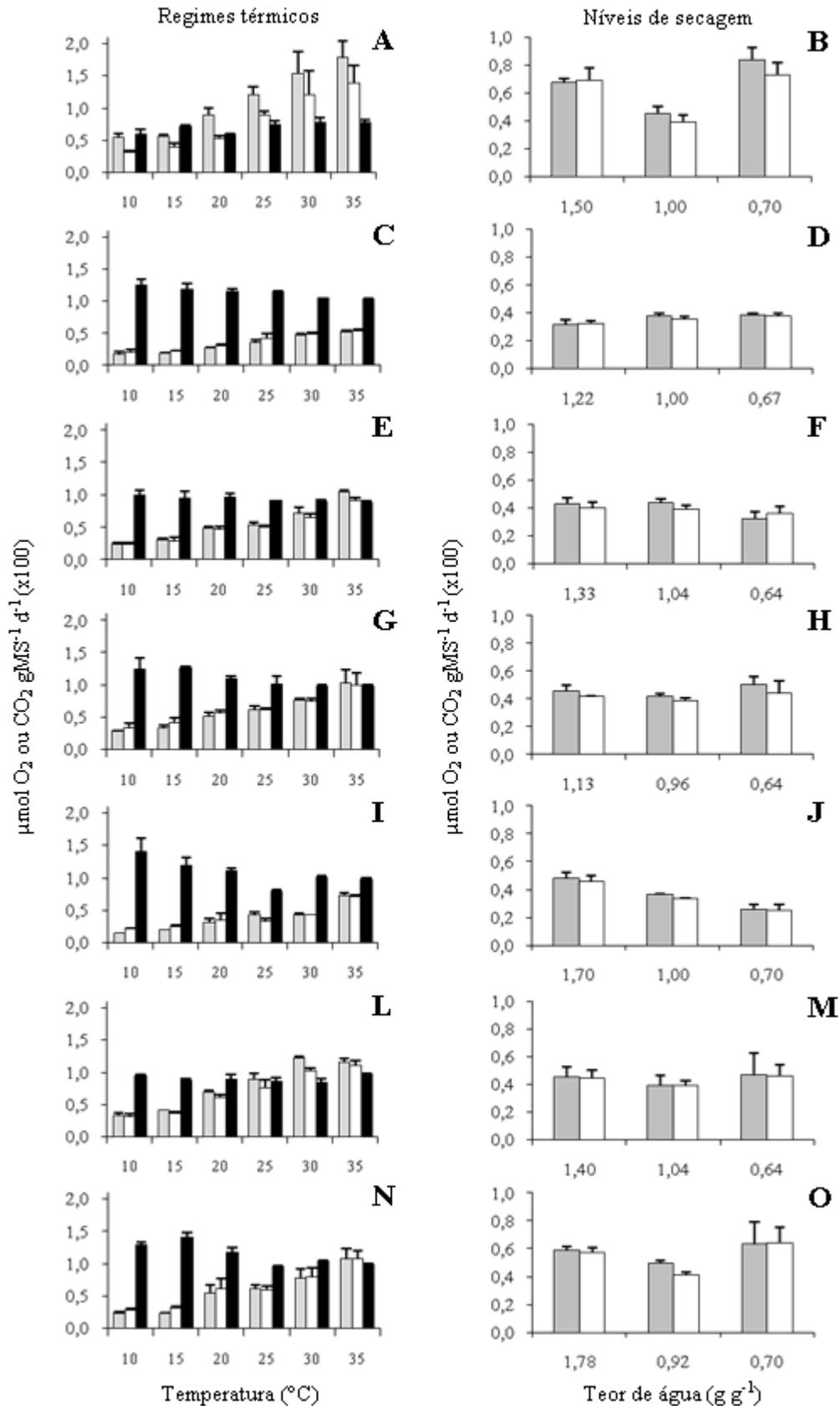


Figura 2. Taxas respiratórias de sementes de *Eugenia pyriformis* de origens distintas, incubadas sob diferentes regimes térmicos e níveis de secagem. (A e B) Ribeirão Preto – RIB; (C e D) Lavras – LAV2; (E e F) São Bento do Sapucaí – SBS2; (G e H) Campinas – CAM2; (I e J) Jumirim – JUM; (L e M) São Bernardo do Campo – SBC1; (N e O) Itaberá – ITA. As colunas representam os valores médios acompanhados do desvio padrão. (Colunas cinza – consumo de O_2 ; colunas brancas – produção de CO_2 ; colunas pretas – QR).

Já fora dessa faixa térmica adequada, ou seja, nas temperaturas nas quais a germinação e o desenvolvimento decrescem (capítulo II), por exemplo, a 10 ou a 15 °C, verifica-se que o distanciamento entre as colunas de O₂ e CO₂ gerou QR acima de 1 (Figuras 2A, C, E, G, I, L, N), provavelmente devido à baixa difusão de oxigênio que ocorre sob essas temperaturas, ativando as vias fermentativas da respiração (Dahal *et al.* 1996; Buckeridge *et al.* 2004). Por outro lado, acima de 30 °C nota-se tendência de aumento na taxa de respiração, o qual pode estar associado com processos de deterioração que ocorrem sob elevadas temperaturas, como a desnaturação de proteínas (Marcos Filho 2005).

Embora as origens de *E. pyriformis* apresentassem respostas respiratórias semelhantes ao gradiente térmico, observa-se que ocorrem em intensidades diferentes. Por exemplo, as sementes oriundas de RIB incubadas a 10 ou a 15 °C já consumiam O₂ e produziam CO₂ em quantidades equivalentes as de LAV2, a 30 ou a 35 °C (Figuras 2A, C). Verifica-se, ainda, que as sementes de RIB apresentaram QR abaixo de 1, em todas as temperaturas de incubação, sugerindo que sejam reações oxidativas além da respiração (Figuras 2A). Tais diferenças na intensidade respiratória também ocorreram para as sementes da região de ITA, na qual a quantidade de gases a 20 °C já se aproximava daquela quantidade de gases em CAM2, SBS2 e JUM, respectivamente, a 25, 30 e 35 °C (Figuras 2E, G, I, N). Como dito anteriormente (Figura 1), essas diferenças na intensidade respiratória podem estar relacionadas com o teor de água inicial das sementes (Tabela 1).

Em relação ao nível de secagem, a análise de variância apresentou interação significativa entre origem do material e nível de secagem, para o consumo de O₂ e produção de CO₂ (Figura 2). Contudo, não houve interação para o quociente respiratório, indicando que as variações de O₂ e CO₂ entre esses fatores são decorrentes apenas de processos respiratórios. Nota-se que, os valores de teor de água efetivamente atingidos pelas sementes após a secagem controlada (Figuras 2B, D, F, H, J, M, O) ficaram muito próximos aos pretendidos inicialmente (1,00 g g⁻¹ e 0,67 g g⁻¹), mostrando a eficácia do método para a obtenção de grupos de sementes com níveis de secagem.

Após o primeiro nível de secagem ($1,00 \text{ g g}^{-1}$), as regiões que inicialmente diferiam diante da taxa respiratória, não apresentaram diferença para o consumo de O_2 e produção de CO_2 (Figuras 2B, D, F, H, J, M, O), reforçando a relação teor de água x respiração. No entanto, tal resposta não permaneceu diante do segundo nível de secagem ($0,67 \text{ g g}^{-1}$), nas quais regiões como RIB, JUM e ITA que tiveram suas sementes dispersas com teor de água mais elevado (Tabela 1) ou que foram mais sensíveis ao segundo nível de secagem (sementes germináveis, dados não apresentados), mesmo quando igualado o teor de água, diferiram diante da taxa respiratória (Figuras 2B, J, O). No entanto, para relacionar processos metabólicos com a tolerância à dessecação e viabilidade das sementes requer estudos adicionais.

Estudos realizados com sementes recalcitrantes (*Castanea sativa*) relatam que as taxas respiratórias (consumo de oxigênio) diminuem quando as sementes são secas a teores de água que afetam a germinação ou a integridade das membranas, em conjunção com o aumento da viscosidade do citoplasma, formações de espécies reativas de oxigênio e metabolismo desordenado em tecidos estressados (Leprince *et al.* 1999), podendo explicar as variações fisiológicas observadas em sementes de *Eugenia pyriformis* no presente estudo.

Os resultados obtidos demonstram que as diferenças na intensidade respiratória decorrente da origem das sementes de *E. pyriformis* podem estar relacionadas com o genótipo, com o grau de maturidade no momento da dispersão e com as variações hídricas e térmicas do ambiente. Em geral, as sementes dispersas com teor de água mais elevado e com maior intensidade respiratória foram formadas sob baixo índice de pluviosidade ou receberam menos graus-dia (Tabela 1; Figuras 1, 2), ou seja, condições do ambiente que influenciam no amadurecimento e nas respostas fisiológicas e metabólicas das sementes (Wilson *et al.* 1970; Daws *et al.* 2004 e 2006; Johnsen *et al.* 2005; Handorf *et al.* 2008).

Durante a fase de acúmulo de reserva da maturação há uma grande demanda no consumo de oxigênio que diminui à medida que se aproxima da fase de dessecação, devido a formações de barreiras, como alterações anatômicas do tegumento e aumento da viscosidade celular, limitando a

difusão do oxigênio e atenuando danos oxidativos nas membranas (Borisjuk & Rolletschek 2009; Angelovici *et al.* 2010). Sugerindo que as variações nas taxas respiratórias e/ou oxidativas para as sementes de *E. pyriformis* podem estar associadas com o avanço da maturação na aquisição dessas e de outras características, uma vez que por serem sementes recalcitrantes (Delgado & Barbedo 2007), são dispersas antes da fase de dessecação da maturação.

Em síntese, as sementes de *Eugenia pyriformis* apresentam variações na intensidade respiratória em função da origem do material, algo que parece permanecer sob diferentes regimes térmicos ou mesmo quando igualado o teor de água das sementes. Tais variações nas taxas respiratórias para sementes de *Eugenia pyriformis* podem estar associadas com a origem, com as variáveis hídricas e térmicas do ambiente, com o grau de maturidade, bem como com as características físicas e fisiológicas após a dispersão natural.

Referências bibliográficas

- Andrade, R.N.B. & Ferreira, A.G.** 2000. Germinação e armazenamento de sementes de uvaia (*Eugenia pyriformis* Camb.) – Myrtaceae. *Revista Brasileira de Sementes* 22: 118-125.
- Angelovici, R., Galili, G., Fernie, A.R. & Fait, A.** 2010. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. *Trends in Plant Science* 15: 211-218.
- Barbedo, C.J. & Marcos Filho, J.** 1998. Tolerância à dessecação em sementes. *Acta Botanica Brasilica* 2: 145-164.
- Berjak, P. & Pammenter, N.W.** 2007. From *Avicennia* to *Zizania*: seed recalcitrance in perspective. *Annals of Botany* 1-16.
- Borisjuk, L. & Rolletschek, H.** 2009. The oxygen status of the developing seed. *New Phytologist* 182: 17-30.
- Brasil.** 2009. Regras para análises de sementes. Brasília, Ministério da Agricultura.

- Buckeridge, M.S., Tiné, M.A.S., Minhoto, M.J. & Lima, D.U.** 2004. Respiração. *In:* G.K. Kerbauy, (ed.). Fisiologia vegetal. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, pp. 198-216.
- Chappell, Jr, J.H. & Cohn, M.A.** 2011. Corrections for interferences and extraction conditions make a difference: use of the TBARS assay for lipid peroxidation of orthodox *Spartina pectinata* and recalcitrant *Spartina alterniflora* seeds during desiccation. *Seed Science Research* 21: 153-158.
- Dahal, P., Kim, N.S, Bradford, K.J.** 1996. Respiration and germination rates of tomato seeds at suboptimal temperatures and reduced water potentials. *Journal of Experimental Botany* 47: 941-947.
- Daws, M.I., Cleland, H., Chmielarz, P., Gorin, F., Leprince, O., Matthews, S., Mullins, C.E., Thanos, C.A., Vandvik, V., & Pritchard, H.W.** 2006. Variable desiccation tolerance in *Acer pseudoplatanus* seeds in relation to developmental conditions: a case of phenotypic recalcitrance? *Functional Plant Biology* 33: 59-66.
- Daws, M.I., Lydall, E., Chmielarz, P., Leprince, O., Matthews, S., Thanos, C.A. & Pritchard, H.W.** 2004. Developmental heat sum influences recalcitrant seed traits in *Aesculus hippocastanum* across Europe. *New Phytologist* 162: 157-166.
- Delgado, L.F. & Barbedo, C.J.** 2007. Tolerância à dessecação de sementes de espécies de *Eugenia*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42: 265-272.
- Feltre, R.** 1982. Química geral. 2.ed. Moderna. São Paulo 1: 364p.
- Handorf, T., Christian, N., Ebenhö, O. & Kahn, D.** 2008. An environmental perspective on metabolism. *Journal of Theoretical Biology* 252: 530-537.
- Ista.** 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology* 13: 356-513.
- Johnsen, Ø., Fossdal, C.G., Nagy, N., Mølmann, J., Dæhlen, O.G. & Skråppa, T.** 2005. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. *Plant, Cell and Environment* 28: 1090-1102.

- Kader, A.A. & Saltveit, M.E.** 2002. Respiration and gas exchange. J.A. Bartz, J.K. Brecht. & J. Weichmann. (eds.) *In: Postharvest physiology and pathology of vegetables*, Marcel Dekker: New York, pp.7-29.
- Labouriau, L.G.** 1983. A germinação das sementes. OEA: Washington, 175p.
- Lamarca, E.V. & Barbedo, C.J.** 2012. Short storability of *Caesalpinia echinata* seeds as a consequence of oxidative processes. *Revista Hoehnea* 39: 577-586.
- Leprince, O., Buitink, J. & Hoekstra, F.A.** 1999. Axes and cotyledons of recalcitrant seeds of *Castanea sativa* Mill. exhibit contrasting responses of respiration to drying in relation to desiccation sensitivity. *Journal of Experimental Botany* 50: 1515-1524.
- Marcos Filho, J.** 2005. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Fealq, Piracicaba.
- Martins, C.C., Bovi M.L.A., Nakagawa, J. & Machado, C.G.** 2009. Secagem e armazenamento de sementes de juçara. *Revista Árvore* 33: 635-642.
- Mattana, E., Daws, M.I., Fenu, G. & Bacchetta, G.** 2012. Adaptation to habitat in *Aquilegia* species endemic to Sardinia (Italy): Seed dispersal, germination and persistence in the soil. *Plant Biosystems* 146: 374-383.
- Pammenter, N.W., Berjak, P., Farrant, J.M., Smith, M.T. & Ross, G.** 1994. Why do stored hydrated recalcitrant seeds die? *Seed Science Research* 4: 187-191.
- Pedro Junior, M.J., Brunini, O., Alfonsi, R.R & Angelocci, L.R.** 1977. Estimativa de graus-dia em função de altitude e latitude para o estado de São Paulo. *Bragantia* 36: 89-92.
- Santana, D.G & Ranal, M.A.** 2004. Análise da germinação: um enfoque estatístico. Universidade de Brasília, Brasília.
- Villa Nova, N.A., Pedro Júnior, M.J., Pereira, A.R. & Ometto, J.C.** 1972. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. *Caderno Ciência da Terra* 30: 1-8.
- Wilson, A. M. Nelson, J.R & Goebel, C.J.** 1970. Effects of environment on the metabolism and germination of crested wheatgrass seeds. *Journal of Range Management* 23: 283-288.

Considerações finais e Conclusões

A análise dos registros históricos do termo *uvaia* permitiu descrever a trajetória da *Eugenia pyriformis* pelo Brasil. Os registros do uso alimentar de seus frutos podem indicar que a disseminação dessa espécie teve contribuição antrópica, com possíveis consequências sob a variabilidade genética de suas populações. Pela ampla distribuição regional do termo *uvaia*, verificou-se que é espécie “cosmopolita”, com capacidade de adaptação e de regeneração fora de sua ocorrência natural.

As variações hídricas e térmicas durante a formação dessas sementes parecem condicionar a duração da maturação e suas características físicas e fisiológicas. Quando há maior período de maturação e/ou maior acúmulo de graus-dia, as sementes são naturalmente dispersas, mais vigorosas e menos sensíveis à dessecação e às temperaturas extremas para germinação. Dependendo da origem das sementes, bem como das condições do ambiente de formação, espacial ou temporalmente, as sementes de *E. pyriformis* apresentam diferentes respostas fisiológicas, vistas pelos limites térmicos para a germinação, pelos níveis de tolerância à dessecação ou pelo metabolismo respiratório, demonstrando que possam ser de caráter adaptativo ou fenotípico, em decorrência das condições climáticas.

Por fim, ferramentas agrometeorológicas, como o balanço hídrico, a chuva acumulada, a amplitude térmica e, principalmente, o somatório de graus-dia podem ser utilizadas para espécies nativas do Brasil, dentre elas a *Eugenia pyriformis*, auxiliando na diagnose do real estado de maturidade de sementes, bem como o grau de tolerância à dessecação e auxiliando na previsibilidade e tomada de decisão para coleta e obtenção de sementes de elevada qualidade fisiológica. Assim, pode-se afirmar que:

- A temperatura do ar e a disponibilidade hídrica condicionam processos fisiológicos em sementes de *Eugenia pyriformis*.

- Sementes de *Eugenia pyriformis* de diferentes regiões apresentam exigências térmicas para a germinação mais distantes do que sementes de diversas espécies de *Eugenia* oriundas da mesma região e época.
- As variações hídricas e térmicas do ambiente e do período de formação de frutos e sementes de *Eugenia pyriformis* influenciam a maturação e o momento de dispersão das sementes, podendo determinar a duração do ciclo e a qualidade final dessas sementes.
- O grau de tolerância à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis* apresenta diferenças entre as regiões e épocas de coleta, sendo condicionados pelas variáveis hídricas e térmicas do ambiente durante o desenvolvimento e maturação.
- Sementes de *Eugenia pyriformis* apresentam variações na intensidade respiratória em função da origem do material, algo que mantém sob diferentes regimes térmicos e níveis de secagem, podendo estar associadas às condições do ambiente e ao grau de maturidade das sementes.

Resumo: (Soma térmica como condicionadora quantitativa da tolerância à dessecação e da germinação, na produção de sementes de *Eugenia pyriformis* Cambess.) O conhecimento de aspectos biológicos sobre espécies sensíveis à dessecação e ao armazenamento, como a *Eugenia pyriformis*, é de extrema importância aos planos de conservação *ex situ*. Faz-se, aqui, a análise das variáveis hídricas e térmicas do ambiente, durante o desenvolvimento e maturação, sobre o condicionamento da germinação e da tolerância à dessecação de sementes de *Eugenia pyriformis*. Sementes oriundas de diversas regiões ou épocas apresentaram variações para os limites térmicos de germinação, para o grau de tolerância à dessecação e para o metabolismo respiratório, visto que as condições hídricas e térmicas do ambiente influenciam na duração do período de maturação, bem como nesses processos.

Palavras-chave: Graus-dia, Maturação, Myrtaceae, Sementes Recalcitrantes

Abstract: (Desiccation and germination of seeds of *Eugenia pyriformis* Cambess. as a result of heat sum during seed formation) The knowledge of biological aspects on sensitive species to desiccation e storage, such as *Eugenia pyriformis*, is of a great importance to planning dealing with *ex situ* conservation issues. Analyses on the hydric and thermal environmental condition throughout the development and maturation over the conditioning of germination and desiccation tolerance of seeds of *Eugenia pyriformis* were performed herein. Seeds from different regions or seasons showed significant variation under specific thermal limits of germination, either for degree of tolerance to desiccation or for respiratory metabolism, since thermal and hydric conditions affected the duration of maturation period, as well as such physiological processes.

Keywords: Degree-day, Maturation, Myrtaceae, Recalcitrants Seeds

Apêndice

Tabela 1. Postos de observação de superfície: localização geográfica dos postos meteorológicos automático, Campbell Scientific, Inc., Utah, USA.

Local	Latitude	Longitude	Altitude
Ribeirão Preto, SP	21°11'S	47°48'O	621 m
Lavras, MG	21°13'S	44°58'O	918 m
Campos de Jordão, SP	22°41'S	45°35'O	1593 m
Tietê, SP	23°07'S	47°43'O	538 m
São Roque, SP	23°32'S	47°08'O	850 m
Campinas, SP	22°54'S	47°05'O	674 m
Itaberá, SP	23°51'S	49°06'O	696 m
Pariquerá-açú	24°42'S	47°53'O	28 m
São Paulo, SP	23°49'S	46°62'O	792 m
São Paulo, SP	23°65'S	46°62'O	799 m

➤ **Fornecimentos dos dados:**

- Instituto Agrônomo de Campinas (CIIAGRO)
- Universidade Federal de Lavras
- Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo

Apêndice

Tabela 2. Quadro da análise de variância (Capítulo II)

Variável	Q.M resíduo	Fator	Valor F	PROB.>F
Teor de água	4,725	Origem do material	6,141	< 0,0354
Massa seca	0,0007	Origem do material	155,179	< 0,0001
		Origem do material (A)	120,175	< 0,00001
IVG	0,003	Temperatura (B)	442,102	< 0,00001
		A x B	14,321	< 0,00001
		Origem do material (A)	45,782	< 0,00001
Germinação	27,083	Temperatura (B)	646,827	< 0,00001
		A x B	34,338	< 0,00001
		Origem do material (A)	79,584	< 0,00001
Plântula Normal	36,805	Temperatura (B)	366,388	< 0,00001
		A x B	13,514	< 0,00001

Tabela 3. Quadro da análise de variância (Capítulo III)

Variável	Q.M resíduo	Fator	Valor F	PROB.>F
Teor de água	0,106	Origem do material	7,163	< 0,00007
Massa seca	0,002	Origem do material	122,284	< 0,00001
IVG	0,008	Origem do material	39,537	< 0,00001
Germináveis	31,941	Origem do material	9,634	< 0,00001
Germinação	59,316	Origem do material	9,078	< 0,00002

Apêndice

Tabela 4. Quadro da análise de variância (Capítulo IV)

Variável	Q.M resíduo	Fator	Valor F	PROB.>F
Teor de água	0,027	Origem do material	12,123	< 0,00001
Massa seca	0,002	Origem do material	146,183	< 0,00001
IVG	0,004	Origem do material	32,134	< 0,00001
Germináveis	22,650	Origem do material	9,083	< 0,00001
Germinação	90,117	Origem do material	4,799	< 0,00006
IVG	0,004	Origem do material (A)	91,528	< 0,00001
		Níveis de secagem (B)	1406,567	< 0,00001
		A x B	27,905	< 0,00001
Germináveis	76,544	Origem do material (A)	12,266	< 0,00001
		Níveis de secagem (B)	452,825	< 0,00001
		A x B	7,493	< 0,00001
Germinação	64,733	Origem do material (A)	28,502	< 0,00001
		Níveis de secagem (B)	663,551	< 0,00001
		A x B	12,650	< 0,00001

Apêndice

Tabela 5. Quadro da análise de variância (Capítulo V)

Variável	Q.M resíduo	Fator	Valor F	PROB.>F
Teor de água	0,027	Origem do material	12,123	< 0,00001
Germináveis	22,650	Origem do material	9,083	< 0,00001
O ₂	108,175	Origem do material	40,973	< 0,00001
CO ₂	107,249	Origem do material	26,808	< 0,00001
QR	0,004	Origem do material	12,723	< 0,00001
		Origem do material (A)	41,231	< 0,00001
O ₂	26,368	Níveis de secagem (B)	11,914	< 0,0002
		A x B	9,913	< 0,00001
		Origem do material (A)	28,874	< 0,00001
CO ₂	29,452	Níveis de secagem (B)	19,586	< 0,00002
		A x B	7,310	< 0,00001
		Origem do material (A)	1,635	< 0,160
QR	0,005	Níveis de secagem (B)	4,309	< 0,019
		A x B	1,498	< 0,163
		Origem do material (A)	150,606	< 0,00001
O ₂	71,385	Temperatura (B)	259,201	< 0,00001
		A x B	6,434	< 0,00001
		Origem do material (A)	46,973	< 0,00001
CO ₂	94,351	Temperatura (B)	154,055	< 0,00001
		A x B	4,132	< 0,00001
		Origem do material (A)	106,499	< 0,00001
QR	0,005	Temperatura (B)	28,101	< 0,00001
		A x B	7,785	< 0,00001