

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA (ECOLOGIA)**

**AÇÃO DE MICRORGANISMOS E DA ALTERNÂNCIA DE TEMPERATURA NA  
SUPERACÃO DA DORMÊNCIA EXÓGENA DE SEMENTES FLORESTAIS  
AMAZÔNICAS**

**PATRICIA BIANCO KNOPKI**

**MANAUS, AMAZONAS  
AGOSTO, 2013**

**PATRICIA BIANCO KNOPKI**

**AÇÃO DE MICRORGANISMOS E DA ALTERNÂNCIA DE TEMPERATURA NA  
SUPERAÇÃO DA DORMÊNCIA EXÓGENA DE SEMENTES FLORESTAIS  
AMAZÔNICAS**

**Orientadora: Dra. Isolde Dorothea Kossmann Ferraz**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia (Ecologia) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Biologia (Ecologia).

**MANAUS, AMAZONAS  
AGOSTO, 2013**

**BANCA AVALIADORA**

Dr. Niwton Leal Filho  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
Parecer: Aprovado

Dr. Wanderlei Antonio Alves de Lima  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Parecer: Aprovado

Dra. Yeda Maria Boaventura Corrêa Arruda  
Universidade Federal da Amazônia  
Parecer: Aprovado

**MANAUS, AMAZONAS  
AGOSTO, 2013**

K72 Knopki, Patricia Bianco  
Ação de microrganismos e da alternância de temperatura na  
superação da dormência exógena de sementes florestais amazônicas  
/ Patricia Bianco Knopki. --- Manaus : [s.n], 2013.  
77 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2013.  
Orientador : Isolde Dorothea Kossmann Ferraz.  
Área de concentração : Ecologia.

1. Sementes. 2. Germinação. I. Título.

CDD 582.0467

## SINOPSE

Estudou-se a especialidade Ecologia de Sementes Florestais.

**Palavras-chave:** germinação, dormência física, dormência mecânica,  
*Ochroma pyramidale*, *Enterolobium schomburgkii*, *Parkia pendula*, *Dinizia  
excelsa*, *Byrsonima crassifolia*, *Eugenia stipitata*, *Mimquartia guianensis*  
*Bertholletia excelsa*, *Astrocaryum aculeatum*.

*Dedicatória*

*Aos meus pais Heloisa Maria Cretella Bianco e Marlos Knopki, e ao meu companheiro José Aparecido da Silva.*

*“Numa simples construção, a serenidade e a disciplina nos fornecem diretrizes de atitude e proveito.*

*A pedra submeteu-se ao martelo e fez-se alicerce.*

*A madeira aguentou o serrote e converteu-se em utilidade do piso ao teto.*

*O barro suportou o fogo e ergueu-se em alvenaria.*

*O minério passou pelo calor de tensão alta e produziu o aço que estrutura a segurança.*

*O fio deixou-se prender e transformou-se em condutor de energia.*

*Agentes diversos da natureza se conjugaram e compõem a lâmpada para o serviço da luz.*

*Tudo na construção atende a planos de orientação e trabalho, obediência e equilíbrio.”*

André Luiz– Respostas da Vida (Francisco Cândido Xavier)

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia (Ecologia) do INPA e seus docentes, por todos os ensinamentos ministrados e pelas experiências de vida adquiridas em ambientes amazônicos deslumbrantes.

Aos colegas da turma ingressa em 2011 no Programa de Pós-Graduação em Biologia (Ecologia) do INPA, pela amizade e companheirismo demonstrados ao longo do curso.

À Rede de Pesquisas CT Petro Amazônia (Petrobras e FINEP), pelo apoio financeiro dedicado ao projeto.

À orientadora Dr. Isolde Ferraz, pela paciência e gentileza com as quais auxiliou no desfecho deste projeto. Pelas lições de organização e praticidade fundamentais para que aproveitasse melhor o tempo e concluísse cada etapa.

Ao Dr. Luiz Antonio de Oliveira, pela experiência de trabalho no laboratório de microbiologia.

Aos colegas dos Laboratórios de Microbiologia do Solo e de Sementes Florestais do INPA, pela amizade, apoio e por ensinar diversos procedimentos fundamentais para a montagem dos experimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade Federal do Acre, seus docentes e discentes, pela receptividade e apoio prestados quando participei da Disciplina Ecologia de Campo ministrada no Parque Estadual Chandless, município de Manoel Urbano.

À administração e às funcionárias da Fazenda Aruanã, situada no Km 215 da Rodovia AM-010, pela recepção e pelo auxílio na árdua tarefa de descascar castanhas sem ferir o embrião para a realização do experimento com essa espécie. Ao companheiro Neguinho, por quebrar os ouriços de castanha com seu terçado certo.

Ao coletor de sementes Edmilson (Movido), por ter coletado minhas sementes de murici e acariquara. Ao técnico de laboratório Jair e ao bolsista de apoio à gestão Wesley, pelo auxílio na coleta de sementes de arará-boi.

Aos meus pais, Heloisa Maria Cretella Bianco e Marlos Knopki, pelo dom da vida e pelo amor e apoio incondicionalmente manifestos ao longo de minha existência. Aos meus irmãos Fernanda Bianco Knopki e Gustavo Bianco Knopki, pela fraternidade eterna.

Ao meu companheiro José Aparecido da Silva, pelo apoio e compreensão diante de minha ausência ao longo de tantos meses, motivada pelo objetivo de concluir o mestrado.

## RESUMO

A dormência é uma propriedade das sementes que retarda a germinação até que as condições ambientais estejam favoráveis ao estabelecimento da plântula. Sua causa pode estar no desenvolvimento do embrião (endógena) ou em características do envoltório (exógena). Procedimentos tecnológicos como desponte, remoção do endocarpo, escarificação química e mecânica e imersão em água quente já foram realizados em laboratórios ou viveiros, sendo eficientes na superação da dormência exógena de sementes de várias espécies. Contudo, entender os fatores ambientais envolvidos na quebra de dormência e germinação na natureza é fundamental para o entendimento do ciclo de vida das espécies. A temperatura alternada e a ação de microrganismos do solo são frequentemente citados na literatura como fatores de quebra de dormência exógena na natureza, sendo que para a ação de microrganismos, há poucos resultados científicos que evidenciam participação efetiva. O objetivo deste trabalho foi comparar a influência desses dois fatores para a quebra de dormência exógena de sementes florestais amazônicas, considerando as diferenças entre dormência física, causada pela impermeabilidade do envoltório, e dormência mecânica, causada pela sua rigidez. Foram realizados experimentos de germinação com quatro espécies florestais amazônicas que possuem dormência física (*Ochroma pyramidale*, *Enterolobium schomburgkii*, *Parkia pendula* e *Dinizia excelsa*) e cinco que possuem dormência mecânica (*Byrsonima crassifolia*, *Eugenia stipitata*, *Minquartia guianensis*, *Bertholletia excelsa* e *Astrocaryum aculeatum*). Foi utilizado o substrato vermiculita superfina. Para verificar o efeito da alternância térmica, foram testadas três condições de temperatura: constante (25°C) e alternada a cada 12h com amplitude de 10°C (20/30°C) e de 20°C (15/35°C), com fotoperíodo de 12h. Foi realizado procedimento de desinfecção das sementes com a imersão em sequência em soluções de detergente, álcool e hipoclorito de sódio para remoção dos microrganismos. Em paralelo, foi estudado o efeito dos microrganismos presentes no ativador de compostagem Fert Bokashi®, em temperatura constante de 25 °C, utilizando soluções de 0, 1, 10 e 100 mL/L de água destilada no primeiro umedecimento do substrato. A germinação foi acompanhada semanalmente e foram calculados o percentual final, o tempo médio e o Índice de Velocidade de Germinação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições de 50 a 100 sementes, conforme a espécie, e os dados foram avaliados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. As espécies com o mesmo tipo de dormência apresentaram respostas diferenciadas. Sementes de *Ochroma pyramidale* (dormência física) e *Bertholletia excelsa* (dormência mecânica), apresentaram maior germinação final com alternância térmica entre 15 e 35 °C. *Minquartia guianensis* (dormência mecânica) reagiu positivamente ao efeito de microrganismos (10 mL/L). *Eugenia stipitata* (dormência mecânica) apresentou alta taxa de germinação (> 90%) sob todas as condições testadas, mas sem redução do longo período de germinação. Não houve quebra de dormência e a germinação foi baixa em todos os tratamentos aplicados nas espécies com dormência física *Parkia pendula*, *Dinizia excelsa* e *Enterolobium schomburgkii* e nas espécies com dormência mecânica *Astrocaryum aculeatum* e *Byrsonima crassifolia*. Ao se isolar os fatores alternância térmica e microrganismos em laboratório, houve simplificações em relação à umidade do substrato e à luminosidade, que também podem interferir na germinação. A alternância térmica na natureza geralmente está associada a maior estresse hídrico e incidência de luz do que a temperatura constante. Na complexidade dos ecossistemas florestais, pode haver mais de um fator indispensável para a germinação. Dessa forma, não foi possível efetuar generalizações quanto ao fator ambiental fundamental para a superação de dormência na natureza considerando apenas o tipo de dormência que as sementes apresentam, a alternância térmica e a ação microbiana.



## ABSTRACT

The dormancy is a property of the seed which slows the germination until the environmental conditions are favorable to the seedling establishment. Its cause can be on the bud development (endogenous) or on the involucre characteristics (exogenous). Technological procedures as dawns, endocarp removal, chemical and mechanical scarification and immersion in hot water were already performed in labs or nurseries, being efficient on overcoming the seeds' exogenous dormancy of various species. However, to understand the environmental factors evolved on the dormancy breaking and germination in the nature is fundamental for understanding the species life cycle. The alternating temperature and the ground microorganisms' action are frequently mentioned on the literature as a factor of exogenous breaking in the nature, whereas for the microorganisms' action, there are few scientific results which demonstrate effective participation. The objective of this work was to compare the influence of these two factors for breaking the exogenous dormancy of amazon forest's seeds, considering the difference between physical dormancy, caused by the involucre impermeability, and the mechanical dormancy, caused by its hardness. Germination experiments were performed with four amazon forest's species which have physical dormancy (*Ochroma pyramidale*, *Enterolobium schomburgkii*, *Parkia pendula* and *Dinizia excelsa*) and five which have mechanical dormancy (*Byrsonima crassifolia*, *Eugenia stipitata*, *Miconia guianensis*, *Bertholletia excelsa* and *Astrocaryum aculeatum*). It was used the vermiculite substratum super thin. For verifying the effect of the thermal alternating, three conditions of temperature were tested: constant (25°C) and alternating every 12 h with amplitude of 10 °C (20/30 °C) and of 20°C (15/35 °C), with photoperiod of 12 h. Disinfection of the seeds procedure was performed with the sequence immersion in solution of detergent, alcohol and sodium hypochlorite for the microorganisms' removal. Parallel, it was studied the effect the presence of microorganisms on the compost activator Fert Bokashi®, in constant temperature of 25 °C, using solution of 0, 1, 10 and 100 mL/L of distilled water on the substratum's first wetting. The germination was weekly followed and the final average percentage were calculated, the average time and the Germination Speed Index. The experimental design was entirely randomized, with 4 repetitions from 50 to 100 seeds, according to the species, and the data were evaluated by Variance Analysis and Kruskal-Wallis Test. The species with the same type of dormancy showed different responses. Seeds of *Ochroma pyramidale* (physical dormancy) and *Bertholletia excelsa* (mechanical dormancy), showed greater final germination with thermal alternating between 15 and 35 °C. *Miconia guianensis* (mechanical dormancy) reacted positively to the microorganisms' effect (10 mL/L). *Eugenia stipitata* (mechanical dormancy) showed high rate of germination (> 90%) under all tested conditions, but without reduction along the germination period. There wasn't dormancy breaking and the germination was low in all the treatments applied to the physical dormancy species *Parkia pendula*, *Dinizia excelsa* and *Enterolobium schomburgkii* and on the mechanical dormancy species *Astrocaryum aculeatum* and *Byrsonima crassifolia*. Isolating the factors thermal alternating and microorganisms in lab, there were simplifications concerned to wetting and luminosity, which also interfere. The thermal alternating on the nature is usually associated to higher water stress and light incidence than the constant temperature. On the complexity of forest ecosystem, there may be more than one indispensable factor for germination. Thus, it was not possible to perform generalizations concerned to the fundamental environment factor for breaking the dormancy on the nature considering only the type of dormancy the seeds showed, the thermal alternating and the microbial action.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1 APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>6</b>
<b>Alternância térmica e ação de microrganismos na superação de dormência exógena de sementes de espécies florestais amazônicas. <i>Revista Acta Amazônica</i></b> .....	<b>6</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>7</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>7</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>10</b>
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>14</b>
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	<b>19</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>23</b>
<b>6 AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>23</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>27</b>
<b>Ação da alternância térmica e de microrganismos para a quebra de dormência física de sementes de pau-de-balsa - <i>Ochroma pyramidale</i> (Malvaceae)</b> .....	<b>27</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>28</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>28</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>29</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>30</b>
<b>3 RESULTADOS</b> .....	<b>32</b>
<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	<b>35</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>6 AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>37</b>

<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>39</b>
<b>Superação de dormência mecânica das sementes de <i>Minuartia guianensis</i> Aubl. pela ação de microrganismos e não pela temperatura alternada. Revista Acta Amazônica.....</b>	<b>39</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>40</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>40</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>6 AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>48</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>50</b>
<b>Ação da alternância de temperatura sobre a superação de dormência mecânica de sementes de <i>Bertholletia excelsa</i> Bompl. Revista Acta Amazônica.....</b>	<b>50</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>51</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>51</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>53</b>
<b>3 RESULTADOS .....</b>	<b>54</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>56</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>58</b>
<b>6 AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>58</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1 - Informações sobre a procedência dos diásporos utilizados no estudo.....12
- Tabela 2 - Características das sementes das nove espécies selecionadas, método de extração das sementes dos frutos, tipo de dormência e informações básicas sobre os experimentos de germinação: número de sementes por repetição, dimensões do recipiente e método de quebra de dormência aplicado para controle.....13
- Tabela 3 - Germinação final (%) e tempo de observação do experimento (dias) sob temperatura constante (25/25 °C) e alternada (20/30 °C e 15/35 °C), com (+) e sem (-) desinfecção das sementes de nove espécies florestais, após a semeadura sobre o substrato vermiculita superfina. .... 16
- Tabela 4 – Tempo médio de germinação (dias) e tempo de observação (dias) do experimento sob temperatura constante (25/25 °C) e alternada (20/30 °C e 15/35 °C), com (+) e sem (-) desinfecção das sementes, após a semeadura sobre o substrato vermiculita. Para tratamentos em que não houve germinação, considerou-se o tempo médio de germinação igual a infinito ( $\infty$ ). .... 17
- Tabela 5 – Germinação final (%) e tempo de observação (dias) do experimento após semeadura sob substrato de vermiculita fina contendo diferentes concentrações de microrganismos (Fert Bokashi®), a temperatura constante de 25 °C. .... 18
- Tabela 6 – Tempo médio de germinação (dias) e tempo de observação (dias) do experimento após semeadura sob substrato de vermiculita fina contendo diferentes concentrações de microrganismos (Fert Bokashi®), a temperatura constante de 25 °C. .... 19

### CAPÍTULO II

- Tabela 1 – Efeito da temperatura constante 25°C (25/25) e da alternância de temperatura a cada 12 horas entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35) sobre a quebra de dormência de sementes de *Ochroma pyramidale* em comparação ao controle (dormência superada por desponte), com e sem tratamento químico das sementes..... 32
- Tabela 2 – Efeito da solução de microrganismos (Fert Bokashi®) em diferentes concentrações sobre a quebra de dormência de sementes de *Ochroma pyramidale*. .... 34

### CAPÍTULO III

- Tabela 1 - Efeito da aplicação de solução comercial de microrganismos (0, 1, 10 e 100 mL/L em água destilada) sobre a quebra da dormência das sementes de *Minquartia guianensis*, observando a emergência sobre o substrato. .... 45

Tabela 2 – Efeito da temperatura constante 25°C (25/25) e da alternância de temperatura a cada 12 horas entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35), sobre a protrusão da radícula sem e com aplicação prévia de desinfecção das sementes de *Minquartia guianensis*, em comparação com a semeadura após remoção do endocarpo.....46

#### **CAPÍTULO IV**

Tabela 1 – Efeito da temperatura constante 25°C (25/25) e da alternância de temperatura a cada 12 horas entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35), sobre a visualização do primeiro meristema e a visualização de ambos os meristemas de sementes de *Bertholletia excelsa*, em comparação com a semeadura sem tegumento.....55

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 1 – Curvas de germinação de *Ochroma pyramidale* após quebra de dormência por desponte em comparação com sementes tratadas ou não com soluções de detergente, álcool e hipoclorito de sódio e mantidas sob temperatura constante (25/25 °C) ou alternada a cada 12 h entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35). Curvas tracejadas representam tratamento químico das sementes e curvas contínuas representam ausência do tratamento. .... 33

Figura 2 – Curvas de germinação de *Ochroma pyramidale* após semeadura em substrato umedecido com diferentes concentrações (0, 1, 10 e 100 mL/L) da solução comercial de microrganismos Fert Bokashi®..... 34

### CAPÍTULO III

Figura 1 – Emergência, após semeadura das sementes de *Minquartia guianensis* em vermiculita superfina umedecida com diferentes concentrações (0, 1, 10 e 100 mL/L) da solução comercial de microrganismos Fert Bokashi® ..... 44

Figura 2 – Protrusão da radícula das sementes de *Minquartia guianensis* após remoção do endocarpo (superação da dormência mecânica - linha pontilhada) e com endocarpo sob três condições de temperatura: 25 °C constante, e temperatura alternada a cada 12 horas entre 20 e 30 °C e entre 15 e 35 °C, comparando sementes desinfetadas conforme Morpeth e Hall (2000) (linha tracejada) com não desinfetadas (linha contínua). .... 45

### CAPÍTULO IV

Figura 1 – Curvas de germinação de *Bertholletia excelsa* após quebra de dormência pela remoção do tegumento e em tratamentos sem a remoção sob diferentes condições de temperatura: constante a 25 °C, alternada entre 20 e 30 °C e alternada entre 15 e 35 °C, após desinfecção das sementes conforme descrito em Morpeth e Hall (2000), considerando o critério protrusão da radícula. .... 55

Figura 2 – Curvas de germinação de *Bertholletia excelsa* após quebra de dormência pela remoção do tegumento e em tratamentos sem a remoção sob diferentes condições de temperatura: constante a 25 °C, alternada entre 20 e 30 °C e alternada entre 15 e 35 °C, após desinfecção das sementes conforme descrito em Morpeth e Hall (2000), considerando o critério visualização da parte aérea. .... 56

## 1 APRESENTAÇÃO

No ciclo de vida das fanerógamas, frutos e sementes são produzidos após a fase reprodutiva sexuada. As sementes são uma fase móvel do ciclo vital das plantas, e permitem a distribuição espacial com variabilidade genética por intermédio de agentes abióticos, como a água e o vento, e bióticos, como os animais. Para resistir a danos durante a dispersão, o embrião precisa estar protegido por estruturas especializadas, principalmente no envoltório, que aumentam a resistência contra a predação e as intempéries durante a dormência e quiescência. Com o início da germinação, começa a fase mais sensível do ciclo de vida. A semente se torna vulnerável, pois as estruturas de proteção perdem a sua função. Portanto, é muito importante para a planta garantir que a germinação ocorra no local e no tempo adequados à conclusão do processo germinativo e ao estabelecimento da plântula (Fenner e Thompson 2005).

A dormência das sementes é uma propriedade que impede a germinação quando as condições ambientais estão adequadas para promover esse processo, entretanto as chances de sobrevivência da plântula são reduzidas (Black *et al.* 2006). A dormência pode ser classificada em endógena ou exógena, de acordo com a localização da sua causa em relação ao embrião. A endógena se deve a mecanismos localizados no embrião, podendo ser fisiológica, morfológica ou morfofisiológica. A exógena é causada por estruturas ou substâncias externas ao embrião localizadas no tegumento e outros envoltórios de proteção, podendo ser física, química ou mecânica (Baskin e Baskin 1998).

Na Amazônia, a germinação de grande parte das fanerógamas ainda não foi estudada, e as informações quanto à dormência das sementes são insuficientes. Serve como exemplo o “Guia de Propágulos e Plântulas da Amazônia”, no qual foram descritas 50 espécies florestais, das quais 36% não apresentaram dormência, 12% possuíam dormência física, 4% dormência mecânica e fisiológica e para 48% foi observada um prolongamento da germinação com causa desconhecida (Camargo *et al.* 2008). Assim, espera-se que o percentual de espécies com dormência aumente com o desenvolvimento de mais estudos.

Relacionando a dormência física e a mecânica com outras características das sementes, observa-se que a dormência física é restrita às sementes tolerantes ao dessecação, pois a impermeabilidade do tegumento à água não permite um metabolismo ativo, que é essencial para sementes intolerantes ao dessecação. Já a dormência mecânica é causada por estruturas rígidas do fruto ou do tegumento, entretanto porosas, que permitem trocas gasosas e passagem de água e podem ocorrer em sementes tolerantes ou sensíveis ao dessecação (Ferraz e Calvi 2011). Sementes tolerantes ao dessecação são, geralmente,

menores em massa e reservas do que as sementes sensíveis ao dessecamento (Pritchard *et al.* 2004). Desta forma, há um conjunto de características morfológicas distintas vinculadas à dormência física e mecânica.

Há inúmeros estudos sobre procedimentos tecnológicos para superar a dormência física em laboratórios e viveiros. Os métodos mais usados são desponte, imersão em água quente, escarificação química e mecânica, remoção do envoltório e armazenamento a seco (Marcos Filho 2005). Contudo, o grande desafio para entender a ecologia da germinação é entender os mecanismos que superam a dormência no ambiente natural. Dependendo da espécie e do habitat, diversos fatores foram relacionados para superação da dormência, como choque térmico (frio ou quente), flutuações térmicas, fogo, passagem pelo trato digestivo de animais e ação microbiana (Baskin e Baskin 1998).

A ação de microrganismos já foi citada em pelo menos 16 referências como importante fator de quebra de dormência na superfície do solo, porém há poucos resultados conclusivos que evidenciem essa relação (Baskin e Baskin 2000). Morpeth e Hall (2000) demonstraram a importância dos microrganismos presentes nos frutos para a quebra de dormência mecânica em *Rosa corymbifera* Laxa (rosa-canina), espécie que possui dormência mecânica. No tratamento controle, eles obtiveram germinação próxima a 2%; em sementes desinfetadas não houve germinação; e quando os microrganismos foram estimulados com a aplicação de um fertilizante que acelera processos biológicos, atingiu-se uma germinação de 95% em um ano. Kazaz *et al.* (2010) também obtiveram resultados satisfatórios com a inoculação de produtos comerciais contendo microrganismos em *Rosa damascena* Mill (rosa-de-damasco). Enquanto a germinação do controle após estratificação fria foi 13,3%; com a aplicação de EM-1® foi de 69,3%; com Phosfert® 44%; e com B:Speel® 52%.

Baskin e Baskin (2000) enfatizam que a temperatura é o fator mais importante para a quebra de dormência física e não a ação de microrganismos. Os autores apresentam argumentos de ordem morfológica e evolutiva contrários à hipótese da influência dos microrganismos. Referindo-se a sementes que possuem dormência física, os autores citam como uma forte evidência a existência de estruturas especializadas no envoltório da semente, que agem como sensores das condições ambientais, permitindo a entrada de água apenas no momento adequado para o estabelecimento da plântula. Se a ação microbiana, que para os autores é contínua<sup>1</sup>, fosse preponderante, a germinação ocorreria aleatoriamente, independente

---

<sup>1</sup> Na Amazônia, em função da sazonalidade do regime hidrológico, há regiões que passam períodos do ano alagadas, o que faz com que a intensidade da ação microbiana varie ao longo do ano.



do ambiente. Além disso, já foram observadas espécies cujas sementes possuem substâncias químicas nos envoltórios que previnem a degradação microbiana.

Em sementes com dormência mecânica (envoltórios rígidos porém permeáveis à água), também foram observados três tipos principais de mecanismos com locais específicos de protrusão da radícula: a divisão em duas metades, uma estrutura semelhante a porta ou janela e uma rolha (Hill 1933 e 1937). Porém, nessas sementes não há indícios de que as estruturas sejam sensíveis às alterações térmicas (Baskin e Baskin 2000). Desta forma, pode haver diferenças entre os fatores importantes para a superação de dormência mecânica em comparação à dormência física.

Assim, o enfoque deste estudo foi a comparação entre a superação de dormência física, causada pela impermeabilidade do envoltório, e a superação de dormência mecânica, causada pela rigidez dos envoltórios. Colocando em contraposição as ideias e resultados apresentados nos parágrafos anteriores, o objetivo foi avaliar os efeitos da alternância térmica e da ação decompositora de microrganismos sobre a dormência exógena de sementes florestais amazônicas. Para isso, foram selecionadas quatro espécies cujas sementes possuem dormência física e são tolerantes ao dessecamento (*Ochroma pyramidale*, *Enterolobium schomburgkii*, *Parkia pendula* e *Dinizia excelsa*) e cinco cujas sementes possuem dormência mecânica (*Byrsonima crassifolia*, *Eugenia stipitata*, *Minquartia guianensis*, *Bertholletia excelsa* e *Astrocaryum aculeatum*). Destas cinco, uma (*B. crassifolia*) é tolerante ao dessecamento e quatro são sensíveis (*E. stipitata*, *M. guianensis*, *B. excelsa* e *A. aculeatum*). Assim, foram realizados experimentos de germinação sob diferentes condições térmicas e diferentes concentrações de microrganismos, que geraram os dados que embasaram os quatro capítulos desse trabalho.

O capítulo 1, intitulado “Alternância térmica e ação de microrganismos na superação de dormência exógena de sementes de nove espécies florestais amazônicas”, apresenta os resultados de germinação final e tempo médio de germinação obtidos para as nove espécies em diferentes condições de alternância térmica e diferentes concentrações de microrganismos, bem como a comparação entre o comportamento daquelas que possuem dormência física e dormência mecânica. Trata-se do capítulo que contém a essência da ideia inicialmente concebida.

Os demais capítulos possuem uma abordagem mais restrita, e foram escritos em função de percentuais baixos de germinação obtidos para cinco dentre as nove espécies selecionadas, que prejudicaram a comparação efetiva entre os dois tipos de dormência no primeiro capítulo. Ao abordar em cada capítulo apenas uma espécie que respondeu claramente

à metodologia proposta, também se pensou em viabilizar a publicação dos resultados para o público interessado na propagação da espécie. Assim, o Capítulo 2, intitulado “Ação da alternância térmica e de microrganismos para a quebra de dormência física de sementes de pau-de-balsa - *Ochroma pyramidale* (Malvaceae)”, acrescenta aos resultados apresentados no Capítulo 1 maior detalhamento, com as curvas de germinação e os valores de Índice de Velocidade de Germinação (Maguire 1962) de cada tratamento. De forma semelhante foi elaborado o Capítulo 3, intitulado “Superação de dormência mecânica das sementes de *Minquartia guianensis* Aubl. pela ação de microrganismos e não pela temperatura alternada”. Já o Capítulo 4 restringe-se aos resultados dos experimentos com alternância térmica, intitulando-se “Ação da alternância de temperatura sobre a superação de dormência mecânica de sementes de *Bertholletia excelsa* Bompl.”

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Comparar a alternância térmica e a ação de microrganismos sobre a quebra de dormência exógena de sementes florestais amazônicas, considerando as diferenças entre dormência física e dormência mecânica.

### 2.2 Objetivos específicos

1. Avaliar a influência da alternância de temperatura na germinação de sementes que possuem dormência física de quatro espécies (*Ochroma pyramidale*, *Enterolobium schomburgkii*, *Parkia pendula* e *Dinizia excelsa*) e sobre sementes que possuem dormência mecânica de cinco espécies (*Byrsonima crassifolia*, *Eugenia stipitata*, *Minquartia guianensis*, *Bertholletia excelsa* e *Astrocaryum aculeatum*).
2. Avaliar a influência dos microrganismos selecionados presentes no ativador de compostagem comercial Fert Bokashi® na germinação de sementes que possuem dormência física de quatro espécies (*Ochroma pyramidale*, *Enterolobium schomburgkii*, *Parkia pendula* e *Dinizia excelsa*) e de sementes que possuem dormência mecânica de quatro espécies (*Byrsonima crassifolia*, *Eugenia stipitata*, *Minquartia guianensis* e *Bertholletia excelsa*).
3. Avaliar métodos alternativos para a superação da dormência física de *Ochroma pyramidale*, considerando a alternância de temperatura, o tratamento das sementes com diferentes produtos e a ação de microrganismos.
4. Avaliar o efeito da ação de microrganismos e da alternância de temperatura sobre a superação da dormência mecânica das sementes de *Minquartia guianensis*.
5. Avaliar a alternância térmica sobre a quebra de dormência mecânica de sementes de *Bertholletia excelsa*.

# Capítulo 1

---

Alternância térmica e ação de microrganismos na superação de dormência exógena de sementes de nove espécies florestais amazônicas. *Manuscrito formatado para a Revista Acta Amazonica*

## Alternância térmica e ação de microrganismos na superação de dormência exógena de sementes de nove espécies florestais amazônicas

Knopki, P.B.; Ferraz, I.D.K; Oliveira, L.A.

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito da temperatura alternada com o efeito da ação de microrganismos para a superação de dormência exógena de espécies florestais amazônicas, utilizando sementes de quatro espécies com dormência física e cinco espécies com dormência mecânica. Foram realizados ensaios de germinação com e sem desinfecção de sementes, a temperatura constante de 25 °C e temperatura alternada (12 h : 12 h) entre 20 e 30 °C e entre 15 e 35 °C e 12h de luz diária durante a temperatura mais alta, sendo as sementes semeadas sobre o substrato de vermiculita superfina. Em paralelo, foi estudado, na temperatura constante de 25 °C e com as sementes enterradas no mesmo substrato, o efeito do ativador de compostagem Fert Bokashi®, com microrganismos selecionados, sobre a quebra de dormência das sementes, utilizando soluções de 0, 1, 10 e 100 mL/L de água destilada. A germinação foi acompanhada semanalmente e foram calculados o percentual final e o tempo médio de germinação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 repetições de 50 a 100 sementes, conforme a espécie e os dados foram avaliados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. As espécies com o mesmo tipo de dormência apresentaram respostas diferenciadas. Sementes de *Ochroma pyramidale* (dormência física) e *Bertholletia excelsa* (dormência mecânica), apresentaram maior germinação final com alternância térmica entre 15 e 35 °C. *Minquartia guianensis* (dormência mecânica) reagiu positivamente ao efeito de microrganismos (10 mL/L). *Eugenia stipitata* (dormência mecânica) apresentou alta taxa de germinação (> 90%) sob todas as condições, mas sem redução do longo período de germinação. Não houve quebra de dormência em nenhum dos tratamentos aplicados, ao longo de um ano de observação nas espécies com dormência física *Parkia pendula*, *Dinizia excelsa*, *Enterolobium schomburgkii* e nas espécies com dormência mecânica *Astrocaryum aculeatum* e *Byrsonima crassifolia*.

### PALAVRAS-CHAVE

Termoperíodo; Quebra de dormência; Sementes tropicais; Dormência física; Dormência mecânica

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare the effect of alternating temperature to the effect of microorganisms' action for breaking the exogenous dormancy of Amazonian forest species, using seeds of four species with physical dormancy and five species with mechanical dormancy. Tests of germination were made, with and without seed disinfection, the constant temperature of 25 °C and alternating temperature (12 h : 12 h) between 20 and 30 °C and between 15 and 35 °C with 12h of daylight during the higher temperature, and the seeds sown on vermiculite substratum super thin. Parallel, it was studied, on the constant temperature of 25 °C and with the seeds buried in the same substratum, the effect of compost activator Fert Bokashi® with selected microorganisms, about the seeds dormancy breaking, using solutions of 0, 1, 10 and 100 mL/L of distilled water. The germination was regularly followed and the final average percentage and the mean time germination were calculated. The experimental lineation was

entirely randomized with 4 repetitions from 50 to 100 seeds, according to the species and data were evaluated by Kruskal-Wallis Test. The species with the same type of dormancy show different answers. Seeds of *Ochroma pyramidale* (physical dormancy) and *Bertholletia excelsa* (mechanical dormancy), show larger final germination with thermal alternation between 15 and 35 °C. *Minquartia guianensis* (mechanical dormancy) reacted positively to the microorganisms' effect (10 mL/L). *Eugenia stipitata* (mechanical dormancy) showed a high rate of germination (> 90%) under all the conditions, however, it was not possible to reduce the long period of germination. There wasn't a dormancy breaking in none of the treatments applied over a year observing the species with physical dormancy *Parkia pendula*, *Dinizia excelsa*, *Enterolobium schomburgkii* and on the species with mechanical dormancy *Astrocaryum aculeatum* and *Byrsonima crassifolia*.

## KEYWORDS

Thermoperiod; Dormancy breaking; Tropical seeds; Physical dormancy; Mechanical dormancy

## 1 INTRODUÇÃO

A dormência em sementes é uma propriedade que impede a germinação, mesmo quando as condições ambientais estão adequadas para iniciar esse processo (Black *et al.* 2006). Trata-se de um importante mecanismo ecológico de sobrevivência, pois evita a germinação em momento desfavorável ao posterior estabelecimento, permite a distribuição da germinação no tempo e no espaço, e propicia a formação de um banco de sementes no solo, capaz de promover o restabelecimento da espécie (Zaidan e Barbedo 2004).

O impedimento à germinação intrínseco à semente (dormência) pode ser de natureza endógena ou exógena. A dormência endógena se deve a características do próprio embrião que postergam a germinação, enquanto a exógena é ocasionada por estruturas que o envolvem, podendo ser tegumento ou endocarpo (Black *et al.* 2006). Baskin e Baskin (1998) sugerem a existência de três tipos de dormência exógena: física (devido à impermeabilidade do envoltório à passagem de água), mecânica (devido à presença de um envoltório rígido que impede a expansão do embrião) e química (devido à presença de substâncias que inibem a germinação).

Para acelerar a germinação em viveiros de mudas, geralmente são aplicados métodos tecnológicos de quebra de dormência, como escarificação mecânica, escarificação ácida, enzimas, solventes orgânicos, percussão, elevadas pressões atmosféricas, água quente, calor seco, radiação, armazenagem a seco, ultrassom e baixas temperaturas (Marcos Filho 2005). Contudo, o conhecimento relacionado à quebra de dormência exógena em ambientes naturais, que corresponde à germinação de sementes sem interferência antrópica, é insipiente. Há hipóteses de que diversos fatores contribuem, dependendo da região e das características das

sementes, como altas temperaturas, flutuações térmicas, frio de inverno, fogo, passagem pelo trato digestivo de animais, ação microbiana, dentre outros (Baskin e Baskin 1998).

A temperatura possui efeitos reconhecidos sobre o período de germinação das espécies. Em regiões com estações bem definidas, é um importante indicativo para o período ideal de germinação, tendo em vista o estabelecimento da plântula em época favorável (Fenner e Thompson 2005). Quanto à temperatura alternada, há espécies cuja germinação é estimulada pela amplitude térmica, entre o dia e a noite, que geralmente ocorre em regiões de clima temperado, mas também em áreas tropicais, pois clareiras sem cobertura florestal apresentam maior amplitude diária do que a floresta intacta (Ferreira *et al.* 2002). A alternância térmica, devido a dilatações e compressões subsequentes do envoltório, pode provocar fissuras que possibilitam a passagem de água, levando à quebra da dormência física (Baskin e Baskin 1998).

Embora a ação de microrganismos do solo seja frequentemente citada como fator de quebra de dormência exógena pela decomposição do envoltório das sementes dispostas sobre o solo, poucos estudos apresentam resultados conclusivos que evidenciem essa relação (Baskin e Baskin 1998). Referindo-se a sementes que possuem dormência física, Baskin e Baskin (2000) fizeram considerações de ordem morfológica e ecológica questionando a ação dos microrganismos sobre o tegumento como fator de quebra de dormência. Seu principal argumento é a observação de estruturas especializadas no envoltório da semente, que agem como sensores das condições ambientais, permitindo a entrada de água apenas no momento adequado ao desenvolvimento da plântula. Se a ação microbiana (situação de ocorrência contínua) fosse preponderante, a germinação ocorreria independentemente das condições ambientais, sem vantagem evolutiva. Para os autores, a temperatura e sua alternância são fatores mais importante para a quebra de dormência física do que a ação de microrganismos.

Em sementes com dormência mecânica (envoltórios rígidos e permeáveis à água), também podem ser observados locais específicos por onde ocorre a protrusão da radícula. Há três tipos recorrentes de mecanismos de abertura: a divisão em duas metades, uma estrutura semelhante a porta ou janela e uma rolha (Hill 1933 e 1937). Para essas sementes, não há indícios de que as estruturas sejam sensores de condições ambientais (Baskin e Baskin 2000).

No mesmo ano em que Baskin e Baskin (2000) argumentaram sobre a impossibilidade da ação de microrganismos ser decisiva na quebra de dormência física, um trabalho evidenciou a importância de microrganismos presentes nos próprios frutos para a quebra de dormência mecânica em *Rosa corymbifera* Laxa (rosa-canina). No tratamento controle (sementes sem manipulação), a germinação foi próxima de 2%, sementes esterilizadas previamente não germinaram, e quando os micróbios presentes foram estimulados com a

aplicação de um fertilizante que acelera processos biológicos, atingiu-se um percentual de germinação próximo a 95%. Com a posterior inoculação dos microrganismos, mais de 90% das sementes esterilizadas também germinaram (Morpeth e Hall 2000). Com a inoculação de microrganismos em *Rosa damascena* Mill (rosa-de-damasco), Kazaz *et al.* 2010 também obtiveram resultados satisfatórios, com 100% de germinação em casa vegetação após a aplicação do produto EM-1®.

Com base nessa contraposição, idealizou-se este estudo, com o objetivo de avaliar os efeitos da alternância térmica e da ação decompositora de microrganismos sobre a dormência exógena de nove espécies florestais amazônicas, comparando a germinação final e o tempo médio de germinação de sementes de quatro espécies que possuem dormência física com sementes de cinco espécies que possuem dormência mecânica.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os diásporos das nove espécies selecionadas para este estudo (Tabela 1) possuem características morfológicas distintas. O pirênio, que é a semente ainda envolvida pelo endocarpo, é em três das espécies a unidade de dispersão e a unidade de semeadura (Tabela 2). Para simplificar, optou-se, no decorrer deste trabalho, por utilizar o termo semente para as unidades de dispersão de todas as espécies, apresentando na Tabela 2 o tipo de diásporo de cada uma (semente ou pirênio).

Os frutos foram colhidos de árvores na região de Manaus-AM. Informações sobre o local e data de colheita podem ser verificadas na Tabela 1. O método de extração manual das sementes dependeu do tipo do fruto e foi detalhado na Tabela 2. Em seguida, as tolerantes ao dessecamento (Tabela 2) foram dessecadas e mantidas em embalagens hermeticamente fechadas a 10 °C, e as sensíveis ao dessecamento foram imediatamente colocadas em embalagens que permitem a troca gasosa em câmara a 15 °C com umidade relativa maior do que 90%. As sementes permaneceram sob refrigeração até o início dos experimentos de germinação.

Todas as sementes apresentaram dormência exógena física ou mecânica, e algumas adicionalmente uma dormência fisiológica (Tabela 2). Somente para o tratamento controle a dormência exógena foi removida por diferentes métodos, dependendo da espécie (Tabela 2). Para os demais tratamentos, as sementes foram semeadas sem remoção ou abertura do envoltório.



Nos ensaios de germinação, foram utilizadas quatro repetições por tratamento para cada espécie. O número de sementes por repetição e o tamanho dos recipientes de plástico transparente utilizados variou conforme a massa das sementes (Tabela 2). O substrato utilizado nos experimentos de germinação foi vermiculita superfina, do fabricante Brasil Minérios Ltda.

O efeito da temperatura alternada foi avaliado em três tratamentos, compreendendo uma condição de temperatura constante a 25°C (25/25) e duas condições de temperatura alternada entre 20 e 30°C (20/30) e entre 15 e 35°C (15/35), com termoperíodo de 12 horas, e 12 horas diárias de luz coincidentes com a temperatura mais alta, fornecidas por lâmpadas fluorescentes brancas de PAR 70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Foram utilizadas câmaras de germinação de marca LMS® para a alternância térmica, e prateleiras da sala de germinação do Laboratório de Sementes do INPA para temperatura constante a 25 °C. A temperatura variou no máximo de  $\pm 1$  °C em torno do valor determinado. Antes da sementeira, sementes de todas as espécies foram imersas sequencialmente em solução de dez gotas de detergente Limpol® (20 min), álcool 70% (5 min) e hipoclorito de sódio comercial de concentração 2% Brillux® (20 min), com enxágues de água destilada em abundância após cada etapa, conforme procedimento de desinfecção descrito em Morpeth e Hall (2000). Os três tratamentos de temperatura, foram testados também com sementes sem desinfecção das espécies *O. pyramidale*, *E. stipitata* e *M. guianensis*. As sementes foram semeadas acima do substrato e o mesmo foi umedecido com água destilada na proporção de 2 g de água por 1 g de substrato e reumedecido quando necessário. Os experimentos foram acompanhados semanalmente e as sementes foram consideradas germinadas após protrusão da raiz com curvatura geotrópica. Em *B. excelsa*, que possui germinação bipolar, foram considerados dois critérios de germinação: a visualização do primeiro meristema (radícula ou parte aérea) e a visualização de ambos os meristemas.

A ação de microrganismos sobre a quebra de dormência foi avaliada com quatro tratamentos. Foi utilizado o fertilizante comercial Fert Bokashi®, um ativador de compostagem. Este produto, que contém microrganismos selecionados, foi utilizado na diluição de 0, 1, 10 e 100 mL/L em água destilada. O substrato foi umedecido na proporção de 1 g de substrato por 2 g de diluição, e reumedecido com água destilada quando necessário. As sementes foram cobertas com o substrato para garantir que toda a superfície da semente tivesse contato com os microrganismos. Os experimentos foram acompanhados semanalmente, e o critério de germinação foi a emergência, sendo a visualização de qualquer parte da plântula sobre o substrato, inclusive para *B. excelsa*. Os tratamentos foram mantidos a uma temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C e umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  em sala com luz natural e oriunda de lâmpadas fluorescentes durante o período diurno.

Tabela 1 - Informações sobre a procedência dos diásporos utilizados no estudo.

Espécie	Nome Popular	Família	Coleta		
			Local	Data	Número
<i>Ochroma Pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.	Pau-de-balsa	Malvaceae	Escola Japonesa	01/09/2011	Knopki 001
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Faveira; orelha-de-macaco	Fabaceae	INPA - Aleixo	01/09/2001	IDKF 383
<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth. ex Walp.	Visgueiro	Fabaceae	Reserva Florestal Adolpho Ducke	27/12/2001	IDKF 387
<i>Dinizia excelsa</i> Ducke	Angelim-pedra	Mimosaceae	Reserva Florestal Adolpho Ducke	01/07/2011	R. Bento 037
<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Murici	Malpighiaceae	Reserva Florestal Adolpho Ducke	23/09/2011	Knopki 002
<i>Eugenia stipitata</i> McVaugh	Araçá-boi	Myrtaceae	Plantio do INPA (V8)	18/07/2012	Knopki 005
<i>Minquartia guianensis</i> Aubl.	Acariquara-roxa	Olacaceae	Estação Experimental Silvicultura Tropical	d 24/07/2012	IDKF 826 a IDKF 831
<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	Castanha-da-amazônia	Lecythidaceae	Colégio Agrícola do Amazonas	27/05/2012	Knopki 004
<i>Astrocaryum aculeatum</i> G.Mey.	Tucumã	Arecaceae	Feira do Produtor, em Manaus	20/05/2012	Knopki 003

Tabela 2: Características das sementes das nove espécies selecionadas, método de extração das sementes dos frutos, tipo de dormência e informações básicas sobre os experimentos de germinação: número de sementes por repetição, dimensões do recipiente e método de quebra de dormência aplicado para controle

Espécie	Extração das sementes	Diásporo	Tolerância ao dessecamento	Dormência	Quebra de dormência	Massa fresca (g)	Número p/ repetição	Recipiente (cm)
						<b>Média (DP)</b>		
<i>Ochroma</i>	Abertura dos frutos e remoção manual da paina	Semente	Tolerante <sup>(1)</sup>	Física <sup>(1)</sup>	Desponte	<b>0,008</b> (0,0004)	4x100	9x9x4
<i>Enterolobium</i>	Abertura das vagens e remoção manual de resíduos de polpa	Semente	Tolerante <sup>(2)</sup>	Física <sup>(3)</sup>	Desponte	<b>0,055</b> (0,0046)	4x100	9x9x4
<i>Parkia</i>	Abertura das vagens e remoção manual de resíduos de polpa	Semente	Tolerante <sup>(4)</sup>	Física <sup>(4)</sup>	Desponte	<b>0,097</b> (0,0052)	4x100	9x9x4
<i>Dinizia</i>	Abertura dos frutos com tesoura e remoção manual das sementes	Semente	Tolerante <sup>(5)</sup>	Física <sup>(5)</sup>	Desponte	<b>0,190</b> (0,0069)	4x100	9x9x4
<i>Byrsonima</i>	Remoção da polpa pela maceração em peneiras	Pirênio	Tolerante <sup>(6)</sup>	Mecânica <sup>(6)</sup>	Remoção do endocarpo	<b>0,384</b> (0,0062)	4x100	11x11x4
<i>Eugenia</i>	Abertura dos frutos e maceração da polpa em peneiras	Semente	Sensível <sup>(7)</sup>	Mecânica <sup>(8)</sup>	Desponte	<b>0,847</b> (0,0421)	4x50	11x11x4
<i>Minquartia</i>	Remoção manual de resíduos da polpa	Pirênio	Sensível <sup>(9)</sup>	Mecânica e morfológica <sup>(9)</sup>	Remoção do endocarpo	<b>1,476</b> (0,0744)	4x50	11x11x4
<i>Bertholletia</i>	Quebra de ouriços com terçado e separação das sementes	Semente	Sensível <sup>(10)</sup>	Mecânica e fisiológica <sup>(10)</sup>	Remoção do tegumento	<b>30,746</b> (5,2729)	4x50	15x30x10
<i>Astrocaryum</i>	Remoção da polpa com faca e dos resíduos com esmeril	Pirênio	Sensível <sup>(11)</sup>	Mecânica e fisiológica <sup>(11)</sup>	Remoção do endocarpo	<b>14,782</b> (2,3306)	4x50	15x30x10

(1) Leão et al. 2008; (2) Ramos e Ferraz 2008; (3) Souza e Varela 1989; (4) Pinedo e Ferraz 2008; (5) Cruzet. al. 2009; (6) Carvalhoe Nascimento 2008; (7) GazelFilhoet. al. 2000; (8) Anjos e Ferraz 1999; (9) Camargo e Ferraz 2005; (10) Kainer et. al. 1999; (11) Ferreira e Gentil 2006

O desenho experimental foi inteiramente casualizado. Foram calculados o percentual final de germinação e o tempo médio de germinação. Em virtude da distribuição dos dados não ser semelhante à distribuição normal, aplicou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para as análises estatísticas. Para aplicação do teste, os tratamentos foram divididos em dois grupos: tratamentos com diferentes condições de temperatura, com ou sem desinfecção, incluindo o controle com remoção de dormência, e tratamentos com aplicação de diferentes concentrações de Fert Bokashi®. O teste foi aplicado apenas dentro de cada espécie e dentro de um dos grupos citados. O software utilizado para as análises estatísticas foi o R (R Development Core Team 2011).

### 3 RESULTADOS

#### Alternância de Temperatura

Após a superação da dormência exógena por desponte ou remoção do envoltório, as sementes de sete das nove espécies atingiram elevado percentual de germinação em curto período de tempo. Em *Eugenia*, *Ochroma* e *Bertholletia*, a germinação final superou 90%; em *Dinizia*, foi maior do que 80%, e em *Minquartia*, *Enterolobium* e *Parkia*, superior a 70% (Tabela 3). Apenas em *Astrocaryum* e *Byrsonima* a germinação foi menor, com 25% e 16%, respectivamente (Tabela 3).

As sementes com dormência física (*Ochroma*, *Enterolobium*, *Parkia* e *Dinizia*), quando submetidas ao procedimento de desponte, germinaram em tempos médios inferiores a uma semana (de 3,2 a 6,5 d). Já as sementes que possuem dormência mecânica (*Minquartia*, *Bertholletia*, *Astrocaryum*, *Eugenia* e *Byrsonima*), após a remoção das estruturas que constituem a barreira mecânica à expansão do embrião, germinaram em tempos médios superiores a 20 dias (entre 21,2 e 125,5 d; Tabela 4).

A desinfecção das sementes causou efeito diferenciado em três espécies: positivo, negativo e neutro. Causou a superação da dormência nas sementes de *Ochroma*, nas três condições térmicas (75%, 76%, 79% de germinação), embora com percentuais de germinação final estatisticamente menores do que após desponte (94%; Tabela 3). Considerando o tempo de germinação, com desinfecção foram obtidos tempos médios entre 8 d e 11 d, com tendência de redução do tempo com aumento da amplitude térmica, ainda que com diferença estatística em relação ao desponte (3,2 d; Tabela 4). Nas sementes de *Minquartia*, a desinfecção foi prejudicial à germinação para todas as condições térmicas, pois reduziu significativamente a germinação final (21%, 23% e 16%) em comparação ao controle (78%; Tabela 3) e manteve

um tempo de germinação significativamente maior (71 d, 104 d e 87 d) em comparação ao controle (21 d; Tabela 4). Em *Eugenia*, o efeito da desinfecção foi indiferente, pois embora a percentagem final de germinação tenha sido alta em todas as condições (99%, 98% e 100%), equivalente ao controle (99%; Tabela 3), o tempo de germinação (71 d, 78 d e 75 d) se manteve acima do controle (32 d; Tabela 4).

Considerando a influência da desinfecção sobre a germinação de *Ochroma*, *Eugenia* e *Minquartia*, o efeito das condições térmicas sobre a quebra de dormência das sementes foi avaliado também sem desinfecção prévia das sementes para essas espécies. Houve efeito da alternância de temperatura sobre a quebra de dormência em *Ochroma*. Com a amplitude térmica de 20 °C, a germinação final alcançou 81% em 14 dias, ainda com diferença estatística em relação à quebra de dormência por despoite (94% em 3 dias; Tabela 3 e 4). Para amplitude térmica menor ou na temperatura constante a germinação foi significativamente menor (32% e 22%) e necessitou 43 d e 29 d em média (Tabela 3 e 4). Em *Minquartia* e *Eugenia* a influência da alternância térmica sobre a taxa final e tempo de germinação foi neutra (Tabela 3 e 4).

Considerando o tipo de dormência exógena, verificou-se efeito positivo da desinfecção em uma espécie que possui dormência física (*Ochroma*) e efeito negativo em uma espécie que possui dormência mecânica (*Minquartia*). O efeito foi neutro em outra espécie que possui dormência mecânica (*Eugenia*). Para as demais espécies que possuem dormência física (*Enterolobium*, *Parkia* e *Dinizia*) e dormência mecânica (*Bertholletia*, *Byrsonima* e *Astrocaryum*), não foi possível detectar efeito do procedimento de desinfecção, em virtude do maior tempo necessário para o início da germinação.

Em *Bertholletia*, que possui germinação bipolar e dormência mecânica e fisiológica (Oliveira e Ferraz 2003), houve efeito da amplitude da temperatura sobre a taxa de germinação, com maior percentual em um ano de avaliação quanto maior a amplitude térmica. Considerando o critério visualização do primeiro meristema, foram alcançados 43% de germinação com temperatura constante; 54,5% com amplitude térmica pequena (10 °C) e 82,5% com amplitude térmica maior (20 °C). Resultado similar foi obtido considerando a visualização de ambos os meristemas, 28% com temperatura constante; 26,5% com amplitude térmica de 10 °C e 73,0% com amplitude térmica de 20 °C (Tabela 3). O efeito da alternância de temperatura não foi constatado na avaliação do tempo médio de germinação para ambos os critérios testados. Os valores foram similares entre as condições testadas (primeiro critério: 209, 237, 185 d; segundo critério: 278, 291 e 220 d), sendo muito maiores do que após remoção manual do tegumento, com 23 e 42 dias, respectivamente (Tabela 4). Ressalta-se que, após um ano da sementeira,

ainda há sementes viáveis, cuja germinação é esperada nos próximos meses, prevendo-se que haverá alterações no tempo médio de germinação e diferenciação entre as condições térmicas.

Tabela 3 - Germinação final (%) e tempo de observação do experimento (dias) sob temperatura constante (25/25 °C) e alternada (20/30 °C e 15/35 °C), com (+) e sem (-) desinfecção das sementes de nove espécies florestais, após a semeadura sobre o substrato vermiculita superfina.

Espécie	Tempo (dias)	Desinfecção	Dormência superada		Condições de temperatura					
			25/25 °C	25/25 °C	20/30 °C	15/35 °C				
			x	DP	x	DP	x	DP	x	DP
<i>Ochroma</i>	365	+	nd	-	≥75,0*	(6,3)	≥76,0*	(5,4)	≥78,5*	(9,9)
	365	-	94,0	(4,3)	≥21,8*	(3,6)	≥32,0*	(6,6)	≥81,0*	(5,4)
<i>Enterolobium</i>	365	+	nd	-	≥25,5*	(4,7)	≥10,0*	(2,8)	≥21,5*	(11,5)
	15	-	74,0	(9,4)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Parkia</i>	365	+	nd	-	≥0,0*	(0,0)	≥0,0*	(0,0)	≥0,0*	(0,0)
	15	-	73,0	(4,8)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Dinizia</i>	365	+	nd	-	≥1,0*	(1,2)	≥1,0*	(1,2)	≥3,5*	(1,9)
	15	-	85,0	(6,2)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Byrsonima</i>	365	+	nd	-	≥0,0*	(0,0)	≥0,0*	(0,0)	≥0,0*	(0,0)
	200	-	16,0	(9,1)	-	-	-	-	-	-
<i>Eugenia</i>	365	+	nd	-	99,0	(1,2)	97,5	(1,9)	99,5	(1,0)
	365	-	98,5	(1,0)	93,0	(6,2)	98,0	(1,6)	97,0	(2,6)
<i>Minquartia</i>	365	+	nd	-	21,0*	(5,0)	22,5*	(6,4)	15,5*	(4,1)
	365	-	78,5	(9,1)	79,5	(9,3)	78,0	(8,5)	87,5	(7,7)
<i>Bertholletia</i> <sup>1</sup>	365	+	nd	-	≥43,0*	(9,6)	≥54,5*	(16,8)	≥82,5*	(6,6)
	250	-	97,5	(3,8)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Bertholletia</i> <sup>2</sup>	365	+	nd	-	≥28,0*	(9,9)	≥26,5*	(9,6)	≥73,0*	(7,4)
	250	-	94,5	(8,5)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Astrocaryum</i>	365	+	nd	-	≥0,0*	(0,0)	≥1,5*	(1,9)	≥1,5*	(1,9)
	365	-	25,0	(6,2)	nd	-	nd	-	nd	-

x – Germinação final média; DP – Desvio padrão entre as repetições.

\* Diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis entre o tratamento e o controle (dormência superada), com base em análise realizada para cada espécie separadamente (valores inseridos nas linhas).

<sup>1</sup> Critério que contabiliza a germinação pela visualização do primeiro meristema (radícula ou parte aérea).

<sup>2</sup> Critério que contabiliza a germinação pela visualização de ambos os meristemas (radícula e parte aérea).

nd – Não determinado.

≥ - Experimentos ainda em andamento, podendo haver mais eventos de germinação

As demais sementes com dormência física (*Dinizia*, *Parkia* e *Enterolobium*) apresentaram percentuais baixos de germinação (<26%) após o período de um ano. Nas duas espécies com dormência mecânica *Byrsonima* e *Astrocaryum* a germinação foi ainda mais baixa

<2% (Tabela 3). Dessa forma, não houve quebra de dormência pela alternância de temperatura nas condições testadas.

Tabela 4 – Tempo médio de germinação (dias) e tempo de observação (dias) do experimento sob temperatura constante (25/25 °C) e alternada (20/30 °C e 15/35 °C), com (+) e sem (-) desinfecção das sementes, após a semeadura sobre o substrato vermiculita. Para tratamentos em que não houve germinação, considerou-se o tempo médio de germinação igual a infinito ( $\infty$ ).

Espécie	Tempo (dias)	Desinfecção	Dormência removida		Condições de temperatura					
			25/25 °C	25/25 °C	20/30 °C	15/35 °C				
			x	DP	x	DP	x	DP	x	DP
<i>Ochroma</i>	365	+	nd	-	<b>10,9*</b>	(3,70)	<b>8,0*</b>	(2,36)	<b>8,9*</b>	(2,90)
	365	-	<b>3,2</b>	(0,21)	<b>28,5*</b>	(3,17)	<b>43,0*</b>	(25,04)	<b>13,9*</b>	(6,56)
<i>Enterolobium</i>	365	+	nd	-	<b>284,7*</b>	(4,89)	<b>280,6*</b>	(47,74)	<b>252,1*</b>	(17,62)
	15	-	<b>3,3</b>	(0,04)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Parkia</i>	365	+	nd	-	$\infty$	( $\infty$ )	$\infty$	( $\infty$ )	$\infty$	( $\infty$ )
	15	-	<b>4,7</b>	(0,11)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Dinizia</i>	365	+	nd	-	<b>67,5</b>	( $\infty$ )	<b>227,5</b>	( $\infty$ )	<b>238,3</b>	( $\infty$ )
	15	-	<b>6,5</b>	(0,09)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Byrsonima</i>	365	+	nd	-	$\infty$	( $\infty$ )	$\infty$	( $\infty$ )	$\infty$	( $\infty$ )
	200	-	<b>32,3</b>	(16,81)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Eugenia</i>	365	+	nd	-	<b>71,2*</b>	(9,60)	<b>78,1*</b>	(12,19)	<b>75,0*</b>	(7,26)
	365	-	<b>32,0</b>	(3,06)	<b>80,6*</b>	(9,27)	<b>91,3*</b>	(1,82)	<b>89,9*</b>	(4,66)
<i>Minquartia</i>	300	+	nd	-	<b>71,3*</b>	(2,56)	<b>104,2*</b>	(8,69)	<b>86,5*</b>	(12,02)
	300	-	<b>21,2</b>	(2,24)	<b>82,3*</b>	(2,69)	<b>88,1*</b>	(3,01)	<b>87,0*</b>	(2,04)
<i>Bertholletia</i> <sup>1</sup>	365	+	nd	-	<b>208,9*</b>	(11,02)	<b>237,2*</b>	(27,43)	<b>185,2*</b>	(4,8)
	250	-	<b>23,0</b>	(1,71)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Bertholletia</i> <sup>2</sup>	365	+	nd	-	<b>277,6*</b>	(20,25)	<b>290,9*</b>	(18,49)	<b>219,6*</b>	(3,14)
	250	-	<b>41,6</b>	(6,31)	nd	-	nd	-	nd	-
<i>Astrocaryum</i>	365	+	nd	-	$\infty$	( $\infty$ )	<b>254,3</b>	( $\infty$ )	<b>238,0</b>	( $\infty$ )
	365	-	<b>125,5</b>	(3,05)	nd	-	nd	-	nd	-

x – Germinação final média; DP – Desvio padrão entre as repetições.

\* Diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis entre o tratamento e o controle (dormência superada), com base em análise realizada para cada espécie separadamente (valores inseridos nas linhas).

<sup>1</sup> Critério que contabiliza a germinação pela visualização do primeiro meristema (radícula ou parte aérea).

<sup>2</sup> Critério que contabiliza a germinação pela visualização de ambos os meristemas (radícula e parte aérea).

nd – Não determinado.

≥ - Experimentos ainda em andamento, podendo haver mais eventos de germinação

Isso posto, verificou-se efeito positivo da alternância térmica sobre uma espécie que possui dormência física (*Ochroma*) e sobre uma espécie que possui dormência mecânica (*Bertholletia*), e efeito neutro sobre três espécies que possuem dormência física (*Enterolobium*,

*Parkia* e *Dinizia*) e sobre quatro espécies que possuem dormência mecânica (*Eugenia*, *Minquartia*, *Byrsonima* e *Astrocaryum*).

### Aplicação de Fert Bokashi®

A aplicação de microrganismos causou efeito diferenciado em três espécies: positivo, negativo e neutro. Em *Minquartia* (dormência mecânica) foi observado um efeito positivo, com maior germinação final na concentração 10 mL/L (72%) em comparação com água destilada (49%), e menor tempo médio na concentração 100 mL/L (104,2 d), com diferença estatística em relação à água destilada (120,9 d; Tabela 6). Em *Ochroma* (dormência física), o efeito foi negativo, com a redução da germinação com o aumento de concentração (20%, 16% e 11%), e maior germinação com água destilada (27%), que diferiu estatisticamente em relação às duas maiores concentrações do produto. O tempo médio não diferiu significativamente entre as concentrações. Em *Eugenia* (dormência mecânica), o efeito foi neutro, obtendo-se alta germinação em todas as concentrações (97%, 93%, 92% e 88%; Tabela 5), em tempos médios entre 134 e 154 dias (Tabela 6).

Tabela 5 – Germinação final (%) e tempo de observação (dias) do experimento após semeadura sob substrato de vermiculita fina contendo diferentes concentrações de microrganismos (Fert Bokashi®), a temperatura constante de 25 °C.

Espécie	Tempo	Concentração de fertilizante contendo microrganismos							
		0 mL/L		1 mL/L		10 mL/L		100 mL/L	
		x	DP	x	DP	x	DP	x	DP
<i>Ochroma</i>	330	≥26,8	(3,9)	≥20,3	(2,1)	≥15,8*	(5,5)	≥11,3*	(2,9)
<i>Enterolobium</i>	330	≥2,5	(1,9)	≥1,0	(1,2)	≥1,0	(1,2)	≥1,5	(1,9)
<i>Parkia</i>	330	≥0,0	(0,0)	≥0,0	(0,0)	≥1,5	(3,0)	≥0,5	(1,0)
<i>Dinizia</i>	330	≥2,0	(1,6)	≥1,0	(1,2)	≥1,0	(1,2)	≥0,0	(0,0)
<i>Byrsonima</i>	330	≥0,0	(0,0)	≥0,0	(0,0)	≥0,0	(0,0)	≥0,0	(0,0)
<i>Eugenia</i>	330	≥96,5	(3,0)	≥92,5	(4,1)	≥91,5	(1,0)	≥88,0	(5,4)
<i>Minquartia</i>	330	49,0	(10,4)	62,5	(4,7)	72,0*	(9,7)	64,0	(14,7)
<i>Bertholletia</i>	330	≥1,0	(2,0)	≥3,5	(1,9)	≥2,0	(0,0)	≥0,5	(1,0)

\* Diferença estatística significativa em relação ao experimento irrigado com água destilada (0 mL/L)

Nas demais espécies que possuem dormência física (*Parkia*, *Dinizia* e *Enterolobium*), a germinação final foi inferior a 3% em todas as concentrações, apesar da alta germinabilidade das sementes verificada no início dos ensaios. Da mesma forma, as sementes



com dormência mecânica de *Bertholletia* e *Byrsonima*, que possuem dormência mecânica, germinaram em percentuais inferiores a 4% (Tabela 5).

Tabela 6 – Tempo médio de germinação (dias) e tempo de observação (dias) do experimento após semeadura sob substrato de vermiculita fina contendo diferentes concentrações de microrganismos (Fert Bokashi®), a temperatura constante de 25 °C.

Espécie	Tempo	Concentração de Fertilizante contendo microrganismos							
		0 mL/L		1 mL/L		10 mL/L		100 mL/L	
		X	DP	x	DP	x	DP	x	DP
<i>Ochroma</i>	330	<b>25,9</b>	(7,37)	<b>34,8</b>	(13,3)	<b>26,5</b>	(4,85)	<b>40,3</b>	(14,2)
<i>Enterolobium</i>	330	<b>290,0</b>	(∞)	<b>144,0</b>	(∞)	<b>224,5</b>	(∞)	<b>282,7</b>	(∞)
<i>Parkia</i>	330	∞	(∞)	∞	(∞)	<b>38,3</b>	(∞)	<b>265,0</b>	(∞)
<i>Dinizia</i>	330	<b>82,8</b>	(∞)	<b>37,0</b>	(∞)	<b>36,0</b>	(∞)	∞	(∞)
<i>Byrsonima</i>	330	∞	(∞)	∞	(∞)	∞	(∞)	∞	(∞)
<i>Eugenia</i>	330	<b>133,9</b>	(9,96)	<b>132,9</b>	(9,06)	<b>145,4</b>	(2,57)	<b>153,6</b>	(7,45)
<i>Minquartia</i>	300	<b>114,2</b>	(8,12)	<b>120,9</b>	(2,87)	<b>108,9</b>	(3,13)	<b>104,2*</b>	(6,32)
<i>Bertholletia</i>	330	<b>289,5</b>	(∞)	<b>292,0</b>	(∞)	<b>286,0</b>	(∞)	<b>279,0</b>	(∞)

\* Diferença estatística significativa em relação ao experimento irrigado com água destilada (0 mL/L)

## 4 DISCUSSÃO

### Controle

O método de desponte aplicado nas sementes para quebra de dormência física foi eficaz e serviu para mostrar a germinabilidade das sementes selecionadas. Os resultados foram comparáveis com estudos anteriores com as mesmas espécies. Em *Ochroma*, a imersão em água quente até o resfriamento da água resultou em 85% de germinação em 21 dias (Ramos *et al.* 2006), a escarificação manual e embebição por 6 horas em 89% em 20 dias (Varela e Ferraz 1991) e a escarificação química com ácido sulfúrico em 87% em 15 dias (Barbosa *et al.* 2004). Em *Enterolobium*, o desponte resultou em 92% de germinação em 5 dias (Ramos e Ferraz 2008). Em *Dinizia excelsa*, a escarificação mecânica resultou em 83% de germinação e a escarificação química com ácido sulfúrico em 87 % em 40 dias (Cruz *et al.* 2009). Em *Parkia*, a escarificação manual com lixa número 100 resultou em germinação próxima a 100% em 20 dias (Rosseto *et al.* 2009).

Nas espécies que possuem dormência mecânica, a remoção do envoltório rígido também foi eficaz e em concordância com outros autores. Em *Minquartia*, a remoção do endocarpo resultou em 56% de emergência em tempo médio de 40 dias (Camargo 2004). Em

*Bertholletia*, a remoção do tegumento resultou em 80% de germinação após 140 dias (Silva e Rossi 2008) e a remoção com aplicação do fungicida fenilmercúrio resultou em 58% após 90 dias (Müller e Freire 1979). Em *Eugenia*, a retirada total do tegumento resultou em 96% de emergência em tempo médio de 66 dias (Gentil e Ferreira 1999) e a retirada parcial do tegumento em 100% de germinação em tempo médio de 48 dias (Mendes e Mendonça 2012). Para as espécies em que se obteve baixos índices de germinação após a remoção do endocarpo, outros estudos também apresentaram percentuais baixos. Em *Astrocaryum*, a remoção do endocarpo e semeadura sem embebição prévia das sementes resultou em 25% de germinação em seis meses, enquanto a remoção com embebição antes da semeadura resultou em 36% no mesmo período (Nazário e Ferreira 2006). Em *Byrsonima crassifolia*, a imersão em água quente, a embebição dos pirênios em ácido giberélico, o congelamento dos pirênios seguido de imersão em água quente, a escarificação mecânica e a escarificação química em ácido sulfúrico não resultaram em quebra de dormência (Carvalho *et al.* 2006). Em *Byrsonima cydoniifolia*, o fraturamento do endocarpo resultou em 32% de germinação em 60 dias (Murakami *et al.* 2011).

A germinação das sementes que possuem dormência física após o desponte foi mais rápida do que a germinação das espécies que possuem dormência mecânica após a remoção do endocarpo. Isso ocorreu provavelmente em função da dormência endógena, devida a características do embrião, que está presente em associação à dormência exógena. Além de dormência mecânica, *Bertholletia excelsa* possui dormência fisiológica (Kainer *et al.* 1999) e *Minquartia guianensis* possui dormência morfológica (Camargo 2004). *Astrocaryum aculeatum* possui indícios de dormência fisiológica (Ferreira e Gentil 2006), assim como *Byrsonima crassifolia* (Carvalho *et al.* 2006) e *Eugenia stipitata* (Mendes e Mendonça 2012).

Segundo Baskin e Baskin (1998), a maioria das sementes que possuem dormência fisiológica possuem o envoltório (tegumento ou endocarpo) permeável à água, sendo frequente a ocorrência de dormência fisiológica associada à dormência mecânica. Já as sementes que possuem dormência física geralmente possuem o embrião sem dormência (Fenner e Thompson 2005). Recentemente está em discussão uma abordagem nova, que associa a dormência física mais a uma proteção contra a predação do que a um mecanismo de dormência, pois sementes impermeáveis emitem menos compostos voláteis, sendo detectadas com maior dificuldade pelo olfato de pequenos mamíferos do que sementes permeáveis à água (Paulsen *et al.* 2013).

## Alternância térmica

Em sementes com dormência física, estruturas específicas próximas ao local de protrusão da raiz (a capa chalazal em Malvaceae, estrofiolo em Fabaceae ou um opérculo em Musaceae) são conhecidas, e podem ser removidas ou abertas por condições ambientais específicas, atuando desta forma como sensores (Baskin e Baskin 1998). O principal fator ambiental que atua nestas estruturas são alterações da temperatura (Baskin e Baskin 2000). Em florestas densas, a germinação e o estabelecimento de plântulas geralmente necessitam de alguma forma de distúrbio para criar pequenas clareiras com maior disponibilidade de luz, água e nutrientes (Fenner e Thompson 2005).

Ferreira *et al.* (2002) avaliaram a temperatura do solo em locais impactados pela extração seletiva de madeira na Amazônia Central, em comparação com áreas sem impacto. A maior temperatura registrada nos primeiros 5 centímetros do solo foi 35 °C, em uma área de clareira, e a menor foi 22,6 °C, em uma trilha para passagem de trator, enquanto em áreas sem impacto, a temperatura manteve-se próxima a 26 °C, sem variações significativas. Dessa forma, a alternância térmica poderia ser um sinal de condição mais adequada para o estabelecimento de plântulas das espécies que possuem dormência física, causando alterações nas estruturas especiais presentes nas sementes (Baskin e Baskin 2000).

Contudo, a alternância térmica nas condições testadas resultou em quebra de dormência física apenas em *Ochroma pyramidale*, que é caracterizada como espécie pioneira, frequentemente encontrada em áreas de sucessão secundária (Vazquez-Yanes 1974; Sandí e Flores 2002; Leão *et al.* 2008). A alternância térmica, nas condições testadas, não provocou a quebra de dormência física nas espécies classificadas como secundárias tardias: *Enterolobium schomburgkii* (Gouveia *et al.* 2011), *Parkia pendula*, com crescimento rápido em clareiras (Piechowski 2007) e *Dinizia excelsa*, com desenvolvimento melhor em áreas mais ensolaradas (sombreamento de 30 a 50%; Azevedo *et al.* 2010).

O experimento no laboratório alterou apenas a temperatura e manteve outros fatores constantes, como a umidade do substrato. Pode-se concluir que nestas condições, num período de 360 dias, a dormência das sementes das espécies em que a germinação foi baixa não foi superada. Em ambiente natural a alternância térmica geralmente está associada a variações de umidade, que também podem influenciar na germinação (Baskin e Baskin 1998). É possível que a quebra de dormência em *Enterolobium*, *Parkia* e *Dinizia* necessite também de uma interação entre variação de umidade do substrato e alternância de temperatura para ocorrer.

As sementes que possuem dormência mecânica também possuem estruturas específicas para abertura do endocarpo para germinação (Hill 1933 e 1937). Contudo, não há evidências de que estas estruturas sejam afetadas por alterações ambientais (Baskin e Baskin 2000). Assim, tinha-se por hipótese que a alternância térmica não influenciaria significativamente a germinação em *Eugenia*, *Minquartia*, *Byrsonima*, *Astrocaryum* e *Bertholletia*. A hipótese foi confirmada para as primeiras quatro espécies. Contudo, verificou-se, após um ano de avaliação, efeito positivo da alternância térmica com amplitude de 20 °C sobre o percentual de germinação de *Bertholletia*. Apesar de *Bertholletia* possuir sementes recalcitrantes (Figueiredo e Carvalho 1994), é uma espécie emergente e heliófila (Scoles 2010), cuja ecologia favorece o estabelecimento de plântulas em clareiras. Dessa forma, também a hipótese não pôde ser generalizada para o tipo de dormência, e a resposta observada pode ter ocorrido tanto em função de um efeito da temperatura sobre a fisiologia do embrião quanto um enfraquecimento progressivo do tegumento pelas sucessivas dilatações e compressões térmicas.

### **Aplicação de Fert Bokashi® e desinfecção**

Baskin e Baskin (2000) questionaram a ação decompositora de microrganismos como fator preponderante para a quebra de dormência física, argumentando que uma decomposição contínua no solo provocaria quebra de dormência de forma aleatória, e não poderia funcionar como um gatilho para a germinação no local e ambiente adequado para o futuro estabelecimento da plântula. Assim, a ação de microrganismos não possuiria uma vantagem evolutiva. Essa expectativa se confirmou, e nenhum efeito positivo foi observado na germinação de *Enterolobium*, *Parkia* e *Dinizia*, e foi observado efeito negativo sobre a germinação de *Ochroma*.

Com relação às sementes que possuem dormência mecânica, há um estudo com sementes de *Rosa corymbifera* (Morpeth e Hall 2000) e um estudo com sementes de *Rosa damascena* (Kazaz *et al.* 2010), que evidenciaram a importância da ação dos microrganismos. Esperava-se um efeito semelhante nas espécies amazônicas que possuem o mesmo tipo de dormência. Entretanto, apenas em *Minquartia* houve evidências de efeito positivo. O habitat de *Minquartia* é o sub-bosque de florestas pouco impactadas (Flores 2002, Camargo *et al.* 2005), onde há grande abundância de microrganismos. Em uma área de floresta primária no município de Manaus, por exemplo, a biomassa microbiana em carbono foi quantificada em 708,23 mg C/ kg de solo, enquanto em uma área impactada em regeneração com um plantio de cupuaçu, a massa foi em média 472,66 mg C/ kg de solo (Moreira e Malavolta 2004). Assim, a participação

dos microrganismos na germinação de *Minquartia*, uma espécie típica de florestas intactas é ecologicamente justificável.

O procedimento descrito por Morpeth e Hall (2000) levou à redução dos microrganismos nas sementes de *Rosa corymbifera* sem afetar a germinabilidade ou acelerar germinação, pois as mesmas germinaram normalmente após inoculação com microrganismos e aplicação do ativador de compostagem Garotta®. Neste estudo, o procedimento de desinfecção quebrou a dormência das sementes de *Ochroma*. Os resultados obtidos se aproximam dos relatados por Barbosa *et al.* 2004 com a aplicação de ácido sulfúrico por 30 segundos (87%), indicando a ocorrência de escarificação química. Em *Minquartia*, a desinfecção levou a baixos percentuais de germinação, o que pode ser um reflexo da ausência de microrganismos importantes para o processo germinativo ou de perda da viabilidade das sementes provocada pelos produtos aplicados.

## 5 CONCLUSÃO

Não foi possível concluir de forma generalista sobre o fator mais importante para a quebra de cada tipo de dormência exógena, em virtude do número de espécies com germinação final baixa e da ocorrência de respostas diferentes por espécies com o mesmo tipo de dormência às condições testadas. Outros fatores, como a variação da umidade do substrato (estresse hídrico), que foram mantidos constantes em laboratório, podem ser importantes para a superação da dormência de sementes de espécies amazônicas no ambiente natural.

## 6 AGRADECIMENTOS

Aos coletores de sementes do INPA que auxiliaram na obtenção dos propágulos utilizados. Aos técnicos e alunos do Laboratório de Sementes Florestais do INPA que participaram do beneficiamento das sementes. À Rede CTPetro Amazônia (PETROBRAS e FINEP), por financiar esta pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

- Anjos, A.M.G.; Ferraz, I.D.K. 1999. Morfologia, germinação e teor de água das sementes de arará-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). *Acta Amazonica*, 29: 337-348.
- Azevedo, I.M.G.; Alencar, R.M.; Barbosa, A.P; Almeida, N.O. 2010. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. *Acta Amazonica*, 40: 157-164.

- Barbosa, A.P.; Sampaio, P. de T.B.; Campos, M.A.A.; Varela, V.P.; Gonçalves, C.Q.B.; Iida, S. 2004. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). *Acta Amazonica*, 34: 7-10.
- Baskin, C.C.; Baskin, J. M. 1998. *Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, Academic Press. 666 pp.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 2000. Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed science research*, 10: 409-413.
- Black, M.; Bewley, J.D.; Halmer, P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds - Science, Technology and Uses*. CABI, Wallingford, Inglaterra. 828 pp.
- Camargo, J.L.C. 2004. *Alterações na dinâmica e demografia de árvores tropicais após fragmentação florestal na Amazônia Central*. Tese de doutorado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- Camargo, J.L.C.; Ferraz, I.D.K. 2005. Acariquara-roxa – *Minquartia guianensis* (Aubl.) Urban. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 10. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.
- Carvalho, J.E.U.; Nascimento, W.M., Müller, C.H. 2006. *Propagação do murucizeiro*. Embrapa Amazônia Ocidental, Belém, Pará. 27 pp.
- Carvalho, J.E.U.; Nascimento, W.M. 2008. Caracterização dos pirênios e métodos para acelerar a germinação de sementes de muruci do clone Açú. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30: 775-781.
- Cruz, E.D.; Queiroz, R.J.B.; Carvalho, J.E.U. 2009. Methods for overcoming dormancy in *Dinizia excelsa* Ducke seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, 31: 152-159.
- Fenner, M.; Thompson, K. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge, Cambridge University Press. 250p.
- Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; Mello-Ivo, W.; Ross, S.M; Biot, Y. 2002. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 32: 449-466.
- Ferreira, S.A.; Gentil, D.F. 2006. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). *Acta Amazônica*, 36: 141-146.
- Figueiredo, F.J.C.; Carvalho, J.E.U. 1994. Avaliação de características recalcitrantes de sementes de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa*, 154. 17 p.
- Flores, E.M. *Minquartia guianensis* Aubl.: Olacaceae (Olax family). In Vozzo, J.A. (ed.). *Tropical Tree Seed Manual*. 575-578 pp.
- Gazel Filho, A.B.; Lima, J.A.S.; Kantén, R.F.V.; Araya, R.S. 2000. Efeito de datas de semeio e de métodos de conservação sobre a germinação de sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Boletim de Pesquisa EMBRAPA*, 38: 1-17.

- Gentil, D.F.O; Ferreira, S.A. 1999. Viabilidade e superação da dormência em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). *Acta Amazonica*, Manaus, 29: 21-31.
- Gouveia, D.; Soares, M.; Silva, W.D.; Mazzei, L.; Ruschel, A. 2011. Avaliação do crescimento de espécies florestais por grupo ecológico em áreas exploradas na Flona do Tapajós. In. *Anais do Encontro Amazônico de Agrárias*, 3: 1-5
- Hill, A.W. 1933. The methods of germination of seeds enclosed in a stony endocarp. *Annals of Botany (old series)*, 47: 873-887.
- Hill, A.W. 1937. The method of germination of seeds enclosed in a stony endocarp II. *Annals of Botany*, 1: 239-256.
- Kainer, K.A.; Duryea, M.L.; Malavasi, M.M.; Silva, A.R. da; Harrison, J. 1999. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. *Forest Ecology and Management*, 116: 207-217.
- Kazaz, S.; Erbas, S; Baydar, H. 2010. Breaking seed dormancy in oil rose (*Rosa damascena* Mill.) by microbial inoculation. *African Journal of Biotechnology*, 9: 6503-6508.
- Leão, N.V.; Freitas, A. D.; Carrera, R.H. 2008. Pau-de-balsa – *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 19. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.
- Marcos Filho, T. 2005. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. FEALQ, Piracicaba, São Paulo. 495pp.
- Mendes, A.M.S, Mendonça, M.S. 2012. Tratamentos Pré-germinativos em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 921-929.
- Moreira, A.; Malavolta, E. 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 1103-1110.
- Morpeth, D.R.; Hall, A.M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* 'Laxa'. *Seed Science Research*, 10: 489-494.
- Müller, C.H.; Freire, F.C.O. 1979. Influência de fungicidas na conservação e na germinação de amêndoas de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Comunicado técnico*, 26. 9 p.
- Murakami, D.M.; Bizao, N.; Vieira, R.D. 2011. Quebra de dormência de semente de murici. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 1257-1265.
- Nazário, P.; Ferreira, S.A. 2006. *Tratamentos pré-germinativos visando minimizar a dormência em sementes de tucumã (Astrocaryum aculeatum G. MEY.)*. Dissertação de Mestrado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

Paulsen, T.R.; Colville, L.; Kranner, I.; Daws, M.I.; Högestedt, G.; Vandvik, V.; Thompson, K. 2013. Physical dormancy in seeds: a game of hide and seek? *New phytologist*, 198: 496-503.

Piechowski, D. 2007. Reproductive ecology, seedling performance, and population structure of *Parkia pendula* in an Atlantic Forest Fragment in Northeastern Brazil. Dissertation. Institute of Systematic Botany and Ecology, Ulm University.

Pinedo, G.J.V.; Ferraz, I.D.K. 2008. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Bent ex Walp]: semente com dormência física de árvore da Amazônia. *Revista Árvore*, 32: 39-49.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, (<http://www.R-project.org/>).

Ramos, M.B.P.; Ferraz, I.D.K. 2008. Estudos morfológicos de frutos, sementes e plântulas de *Enterolobium schomburgkii* Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 227-235.

Ramos, M.B.P.; Varela, V.P.; Melo, M.F.F. 2006. Influência da temperatura e da quantidade de água no substrato sobre a germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) (pau-de-balsa). *Acta Amazônica*, 36: 103-106.

Rosseto, J.; Figueiredo e Albuquerque, M.C.; Rondon Neto, R.M.; Silva, C.O. 2009. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd) Benth. ex Walp. (fabaceae) em diferentes temperaturas. *Revista Árvore*, 33: 47-55.

Sandi, C.; Flores, E.M. 2002. *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. In. Vozzo, J.A. *Tropical Tree Seed Manual*, p.586-587.

Scoles, R. 2010. Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia Brasileira. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

Silva, E.M.S; Rossi, A.P.B. 2008. Germinação de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bompl.). *Anais da I Jornada Científica da UNEMAT*. Disponível em <[http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos\\_conic/Expandido\\_00617.pdf](http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00617.pdf)>. Acesso em 01/06/2013.

Souza, S.G.A.; Varela, V.P. 1989. Tratamentos pré-germinativos em sementes de faveira-orelha-de-macaco(*Enterolobium schomburgkii* Benth.). *Acta Amazonica*, 19: 19-26.

Varela, V.P.; Ferraz, I.D.K. 1991. Germinação de sementes de pau-de-balsa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 26: 1685-1689.

Vazquez-Yanes, C. 1974. Estudios on the germination of seeds of *Ochroma lagopus*. Startz. *Turrialba*, 24: 176-179.

Zaidan, L.B.; Barbedo, C.J. 2004. Quebra de dormência em sementes, p. 135-146. In: Ferreira, A. G.; Borghetti, F. *Germinação - Do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 324 pp.



## Capítulo 2

---

Ação da alternância térmica e de microrganismos para a quebra de dormência física de sementes de pau-de-balsa - *Ochroma pyramidale* (Malvaceae). *Submetido para a Revista Acta Amazonica*

Ação da alternância térmica e de microrganismos para a quebra de dormência física de sementes de pau-de-balsa - *Ochroma pyramidale* (Malvaceae)

Knopki, P.B.; Ferraz, I.D.K.

*Programa de Pós-Graduação em Ecologia - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.*

## RESUMO

Pau-de-balsa, pioneira arbórea neotropical, se destaca pelo alto valor comercial da madeira leve. As sementes são pequenas (peso de mil sementes: 10 g) e apresentam dormência física devido à impermeabilidade do tegumento, sendo recomendados escarificação manual, imersão em água quente ou em ácido sulfúrico para superação da dormência. A escarificação manual é trabalhosa devido ao tamanho das sementes, água quente não fornece sempre resultados satisfatórios e o ácido é corrosivo e prejudicial ao meio ambiente. Nesse estudo procuraram-se alternativas para a quebra da dormência e avaliou-se a influência de temperatura alternada, de tratamento das sementes com hipoclorito de sódio e álcool e da ação de microrganismos. Foram testadas três condições térmicas: temperatura constante (25 °C) e temperatura alternada a cada 12 h com amplitude de 10 °C (20/30 °C) e 20 °C (15/35 °C), com fotoperíodo de 12 h. Avaliada a imersão sequencial das sementes em água destilada contendo gotas de detergente (20 min), álcool 70% (5 min) e hipoclorito de sódio comercial 2% (20 min), com enxague após cada etapa. Testado o efeito dos microrganismos com soluções aquosas de 0, 1, 10 e 100 mL/L do ativador de compostagem Fert Bokashi®, utilizadas no umedecimento inicial na proporção de 1 g de substrato para 2 g de solução. A semeadura ocorreu em caixas plásticas transparentes, com vermiculita superfina e o experimento foi acompanhado durante um ano. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições de 100 sementes por tratamento, e os dados foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. A aplicação dos microrganismos reduziu a germinação em comparação ao controle e não pode ser recomendada. Na temperatura constante e sem tratamento a germinação foi de 22% e aumentou com a elevação da amplitude térmica para 32% (20/30°C) e 81% (15/35°C), próximo ao despoite com 94%. Hipoclorito de sódio e álcool foram eficazes em quebrar a dormência com 75% a 79% de germinação independente da temperatura.

## PALAVRAS-CHAVE

Termoperíodo; Dormência exógena; Fert Bokashi®; Sementes tropicais

## ABSTRACT

Pau-de-balsa, neotropical pioneer tree, stands out by the high commercial value of the softwood. The seeds are small (PMS: 10g) and show physical dormancy due to tegument impermeability, being recommended manual scarifying, immersion in hot water or in sulfuric acid for overcoming the dormancy. The manual scarifying is laborious due to the seeds size, hot water does not always provide satisfactory results and the acid is corrosive and harmful to the environment. This study looked for alternatives in the dormancy broken and evaluated the influence of alternating temperature, the seeds treatment with sodium hypochlorite and alcohol and the action of microorganisms. Three thermal conditions were tested: constant temperature

(25°C) and alternating temperature every 12h with amplitude of 10°C (20/30°C) and 20°C (15/35°C) with photoperiod of 12h. Evaluated the sequential immersion of the seeds in distilled water with drops of detergent (20 min), alcohol 70% (5 min) and commercial sodium hypochlorite 2% (20 min), rinsing after every step. Tested the microorganisms' effect with aqueous solution of 0, 1, 10 and 100 mL/L of the activator composting Fert Bokashi®, used for initial wetting on the ratio of 1g of substratum per 2g of solution. The sowing occurred in transparent plastic boxes, with vermiculite super thin and the experiment was followed during one year. The experimental design was entirely randomized, with 4 repetitions of 100 seeds per treatment, and the data were analyzed by Variance Tests and Kruskal-Wallis Test. The microorganisms' application reduced the germination in comparison to the control and cannot be recommended. On the constant temperature and without treatment the germination was 22% and increased with the thermal amplitude high to 32% (20/30°C) and 81% (15/35°C), compared to the dawns with 94%. Sodium hypochlorite and alcohol were effective in breaking the dormancy with 75% to 79% of germination temperature independent.

## KEYWORDS

Thermoperiod; Exogenous dormancy; Fert Bokashi®; Tropical seeds

## 1 INTRODUÇÃO

*Ochroma pyramidale* (Cav. ex. Lam) Urb. da família Malvaceae, é popularmente conhecida como pau-de-balsa. É uma árvore pioneira, de rápido crescimento, que pode alcançar 30 metros de altura e um metro de diâmetro à altura do peito (Sandí e Flores 2002; Zapata 2000).

Originada na zona neotropical desde o Sul do México até a Bolívia, incluindo a Amazônia Brasileira, é hoje plantada em regiões tropicais em todos os continentes, devido ao seu rápido crescimento, alto valor econômico da madeira e à possibilidade de uso na recuperação de áreas degradadas (Salazar *et al.* 1998). A madeira é extremamente leve, com densidade de até  $0,15 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  (Campos e Uchida 2002), entretanto muito resistente, sendo empregada na construção de objetos leves como barcos, pranchas para surfar, cenários, artesanato, brinquedos e esculturas de madeira, além de ser um isolante sonoro e térmico (Riley Balsawood Surfboards 2013).

O fruto de *Ochroma* é uma cápsula deiscente com comprimento de 14 a 28 cm e 7 a 9 cm de diâmetro e contém centenas de pequenas sementes piriformes, medindo cerca de 5 mm e envoltas por paina que facilita a dispersão anemocórica (Leão *et al.* 2008). O peso de mil sementes é de aproximadamente 10 gramas (Sandí e Flores 2002). As sementes possuem dormência física, causada pela impermeabilidade do tegumento formada pela camada

paliádica de esclereídes com a linha lúcida característica de outras espécies que apresentam dormência tegumentar (Vazquez-Yanes 1976).

Há vários trabalhos científicos que tratam da superação da dormência das sementes de *Ochroma*. Foram recomendadas, por exemplo, a escarificação manual seguida por embebição por 6 horas em água (Varela e Ferraz 1991); escarificação química com ácido sulfúrico (Barbosa *et al.* 2004) e imersão em água quente (Vazquez-Yanes 1975; Ramos *et al.* 2006). Contudo, a escarificação manual é trabalhosa devido ao tamanho das sementes, água quente não fornece sempre resultados satisfatórios e o ácido é corrosivo e prejudicial ao meio ambiente.

A temperatura pode afetar a germinação tanto direta quanto indiretamente, influenciando a velocidade do processo ou a dormência. Diretamente, há uma temperatura máxima e uma mínima, acima ou abaixo das quais as sementes não germinam mais, e uma temperatura ótima na qual maior taxa de germinação é alcançada em menor tempo. O efeito indireto da temperatura é relacionado à superação da dormência, pois há espécies que necessitam de temperaturas extremas (baixas ou elevadas) ou de alternância térmica para que o processo de germinação inicie (Baskin e Baskin 2000, Black *et al.* 2006).

O uso de microrganismos foi aplicado com sucesso para quebra de dormência mecânica dos diásporos de *Rosa corymbifera* Laxa (rosa-canina). Morpeth e Hall (2000) aplicaram o ativador de compostagem comercial (Garotta <sup>TM</sup>), que estimulou os microrganismos presentes no exterior dos propágulos e resultou em 95% de germinação em comparação com 2% sob condições comerciais. Kazaz *et al.* 2010 também obtiveram resultados satisfatórios com a inoculação de microrganismos em *Rosa damascena* Mill (rosa-de-damasco). Enquanto a germinação do controle após estratificação fria foi 13,3%, com a aplicação de EM-1<sup>®</sup> foi de 69,3%. Após semeadura em casa de vegetação, a germinação do controle foi 61%, e com EM-1<sup>®</sup> foi 100%.

O objetivo deste estudo foi avaliar métodos alternativos para a superação da dormência das sementes de pau-de-balsa, testando o efeito da temperatura alternada, o tratamento com produtos químicos menos agressivos e a ação de microrganismos presentes em um ativador de compostagem comercial.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Os frutos de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex. Lam) Urb. foram coletados quando iniciou sua abertura natural, de seis matrizes situadas em frente à Escola Japonesa, no Conjunto Petros, Manaus-AM. Após extração e remoção manual da paina, as sementes foram dessecadas

em ambiente com  $25 \pm 1$  °C acima de ventilador por 15 dias, até um teor de água de 5%, e em seguida mantidas em embalagem hermeticamente fechada a 10 °C, permanecendo sob refrigeração até o início dos experimentos de germinação.

Nos ensaios de germinação, foi utilizado vermiculita superfina, do fabricante Brasil Minérios Ltda. como substrato em caixas plásticas de poliuretano transparentes nas dimensões de 9 x 9 cm e 4 cm de altura. Para evitar excesso de evaporação as caixas foram envoltas em sacos de plásticos transparentes finos (0,0025mm). A germinabilidade das sementes foi avaliada com superação da dormência física pelo desponte, utilizando cortador de unha na região oposta à micrópila (controle). Nos demais tratamentos, as sementes foram semeadas sem quebra de dormência.

O efeito da temperatura sobre a germinação foi avaliado em três diferentes condições térmicas: temperatura constante a 25°C (25/25) e temperatura alternada a cada 12 horas entre 20 e 30°C (20/30) e entre 15 e 35°C (15/35), com fotoperíodo de 12 horas coincidente com a temperatura mais alta, fornecido por lâmpadas fluorescentes brancas de PAR 70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Foram utilizadas câmaras de germinação da marca LMS ® para a alternância térmica, e prateleiras da sala de germinação para temperatura constante. A temperatura variou no máximo de  $\pm 1$  °C em torno do valor determinado. A semeadura foi feita acima do substrato, umedecido na proporção de 2 g de água destilada por 1 g de substrato e reumedecido quando necessário. A germinação foi acompanhada semanalmente e as sementes foram consideradas germinadas após protrusão da raiz com curvatura geotrópica.

Em cada condição térmica, foram realizados dois tratamentos, o primeiro com um procedimento de imersão sequencial das sementes em soluções de água destilada com dez gotas de detergente Limpol® (20 min), álcool 70% (5 min) e hipoclorito de sódio comercial 2% Brillux (20 min), com enxágues de água destilada em abundância após cada etapa, conforme descrito em Morpeth e Hall (2000), antes da semeadura, e o segundo sem a realização deste procedimento.

A ação de microrganismos sobre a quebra de dormência foi avaliada com quatro tratamentos, utilizando o fertilizante comercial Fert Bokashi®, um ativador de compostagem que contém microrganismos selecionados. O substrato, foi umedecido com soluções de 0, 1, 10 e 100 mL/L do fertilizante em água destilada e reumedecido com água destilada quando necessário. As sementes foram cobertas (< 5mm) com o substrato para garantir que toda a sua superfície tivesse contato com os microrganismos. O experimento foi acompanhado semanalmente, e o critério de germinação foi a emergência, sendo a visualização da parte aérea

sobre o substrato. Os tratamentos foram mantidos a uma temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C em sala com luz natural e lâmpadas fluorescentes durante o período diurno.

Foram calculados o percentual final de germinação, o tempo médio de germinação (Santana e Ranal 2004) e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG; Maguire 1962). O desenho experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos para efeito da temperatura e 4 tratamentos para ação de microrganismos, utilizando quatro repetições com 100 sementes por tratamento. Aplicou-se o teste estatístico não-paramétrico de Kruskal-Wallis para identificar os tratamentos que diferiram entre si e em relação ao controle. O software utilizado para as análises estatísticas foi o R (R Development Core Team 2011).

### 3 RESULTADOS

As sementes sem pré-tratamento (desponte) a temperatura constante de 25 °C resultaram em 22% de germinação no prazo de 365 dias (Tabela 1). Observou-se que a grande maioria destas sementes germinaram num período de 30 dias (Figura 1). Desta forma o tempo médio de germinação foi determinado para 28,5 d e o IVG de 9,35. A remoção da dormência exógena pelo desponte resultou em 94% de germinação com 3,2 dias em média e com Índice de Velocidade de Germinação (IVG) de 118,23 (Tabela 1). Estes valores atestaram alta qualidade ao lote das sementes e confirmaram a manutenção da dormência física de 72% das sementes durante um ano quando mantidas úmidas a temperatura constante de 25 °C (94% das sementes do lote eram viáveis e apenas 22% do total germinaram).

Tabela 1 – Efeito da temperatura constante 25°C (25/25) e da alternância de temperatura a cada 12 horas entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35) sobre a quebra de dormência de sementes de *Ochroma pyramidale* em comparação ao controle (dormência superada por desponte), com e sem tratamento químico das sementes.

Tratamento	Desinfecção	Germinação final (%) Média (DP)	Tempo médio (dias) Média (DP)	IVG* Média (DP)
Desponte (25/25)	Sem	<b>94,0</b> (4,3) <b>a</b>	<b>3,24</b> (0,21) <b>a</b>	<b>118,23</b> (2,86) <b>a</b>
25/25	Com	<b>75,0</b> (6,3) <b>b</b>	<b>10,92</b> (3,70) <b>b</b>	<b>48,13</b> (1,05) <b>b</b>
20/30	Com	<b>76,0</b> (5,4) <b>b</b>	<b>8,01</b> (2,36) <b>b</b>	<b>50,77</b> (0,88) <b>b</b>
15/35	Com	<b>78,5</b> (9,9) <b>b</b>	<b>8,87</b> (2,90) <b>b</b>	<b>49,51</b> (1,55) <b>b</b>
25/25	Sem	<b>21,8</b> (3,6) <b>c</b>	<b>28,51</b> (3,17) <b>c</b>	<b>9,35</b> (0,44) <b>c</b>
20/30	Sem	<b>32,0</b> (6,6) <b>c</b>	<b>42,99</b> (25,04) <b>c</b>	<b>14,18</b> (1,31) <b>c</b>
15/35	Sem	<b>81,0</b> (5,4) <b>b</b>	<b>13,94</b> (6,56) <b>b</b>	<b>41,97</b> (0,29) <b>b</b>

\* Índice de Velocidade de Germinação (Maguire 1962).

Letras diferentes indicam diferenças estatísticas verificadas dentro das colunas no Teste de Kruskal-Wallis

A alternância térmica com amplitude diária de 10 °C (20/30 °C) aumentou o valor absoluto da germinação para 31% (sem diferença estatística em relação a 25 °C) e a amplitude de 20 °C (15/35 °C) resultou em aumento significativo para 81%, valor próximo ao desponte. Assim, a alternância de temperatura acelerou a quebra de dormência, ainda que o tempo de germinação tenha sido maior (14 dias) e o IVG reduzido (42) em comparação ao desponte (Tabela 1).

O tratamento dos sementes com soluções de detergente, álcool e hipoclorito de sódio causou aumento na germinação final nas três condições térmicas (75%; 76% e 78%), com tempos médios similares (11, 8 e 8 dias) e IVG muito próximos (48, 51 e 49), sem diferença estatística entre si. Os três parâmetros revelam um resultado significativamente melhor nesses três tratamentos em comparação com o tratamento sem a aplicação dos produtos a temperatura constante de 25 °C (Tabela 1).

Em todos os tratamentos foi observada uma concentração dos eventos de germinação nos primeiros dias de ensaio. Após desponte, todas as sementes que eram viáveis germinaram antes de cinco dias. Nos demais tratamentos a maioria da germinação ocorreu nos primeiros 20 dias. Após esse período, houve eventos isolados e espaçados ao longo do tempo (Figura 1), chegando-se aos valores da Tabela 1 após um ano.

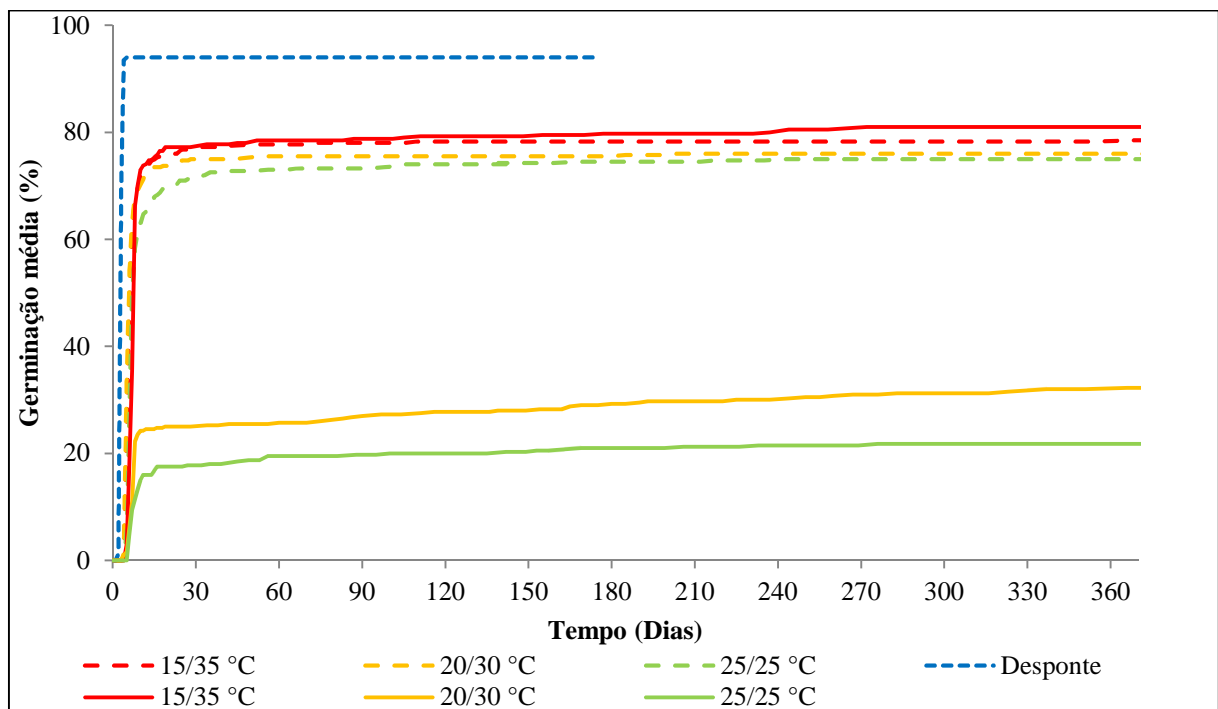


Figura 1 – Curvas de germinação de *Ochroma pyramidale* após quebra de dormência por desponte em comparação com sementes tratadas ou não com soluções de detergente, álcool e hipoclorito de sódio e mantidas sob temperatura constante (25/25 °C) ou alternada a cada 12 h entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35). Curvas tracejadas representam tratamento químico das sementes e curvas contínuas representam ausência do tratamento.

A aplicação dos microrganismos afetou negativamente a germinação em comparação à concentração 0 mL/L (27%; IVG 6,7), com tendência de redução com o aumento da concentração de Fert Bokashi®, resultando em germinação de 20% (1 mL/L), 16% (10 mL/L) e 11% (100 mL/L). O IVG, de forma semelhante à taxa de germinação, decresceu com o aumento da concentração de microrganismos para 5,8; 4,2 e 2,7. Em ambas as variáveis foram constatadas diferenças estatísticas entre água destilada e as soluções de 10mL/L e 100ml/L (Tabela 2). Entretanto, os tempos médios de germinação para os quatro tratamentos foram estatisticamente semelhantes.

Tabela 2 – Efeito da solução de microrganismos (Fert Bokashi®) em diferentes concentrações sobre a quebra de dormência de sementes de *Ochroma pyramidale*.

Concentração de fertilizante (mL/L)	Germinação final (%)	Tempo médio de germinação (dias)	IVG*
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
0	<b>26,8</b> (3,9) <b>a</b>	<b>25,91</b> (7,37) <b>a</b>	<b>R\$ 6,72</b> (0,44) <b>a</b>
1	<b>20,3</b> (2,1) <b>ab</b>	<b>34,75</b> (13,31) <b>a</b>	<b>R\$ 5,76</b> (0,19) <b>ab</b>
10	<b>15,8</b> (5,5) <b>bc</b>	<b>26,51</b> (4,85) <b>a</b>	<b>R\$ 4,20</b> (0,29) <b>bc</b>
100	<b>11,3</b> (2,9) <b>c</b>	<b>40,31</b> (14,19) <b>a</b>	<b>R\$ 2,67</b> (0,23) <b>c</b>

\*Índice de Velocidade de Germinação (Maguire 1962)

Letras diferentes indicam diferenças estatísticas entre tratamentos verificadas no Teste de Kruskal-Wallis.

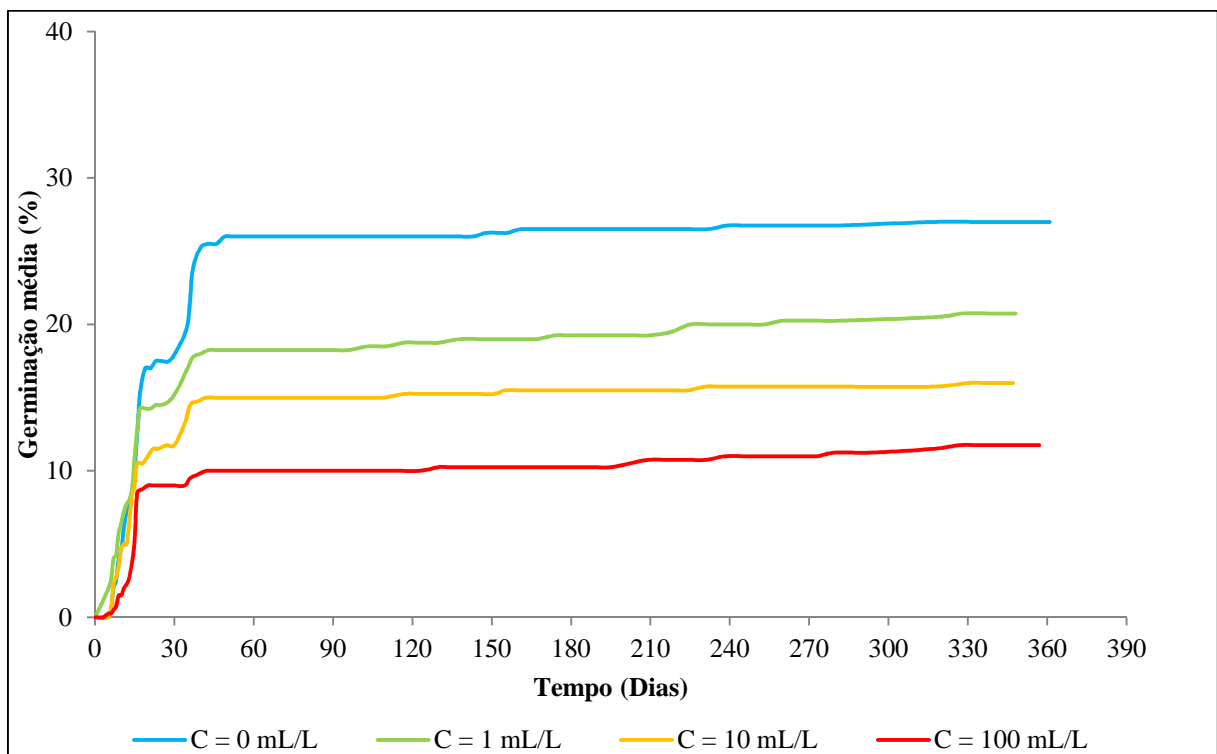


Figura 2 – Curvas de germinação de *Ochroma pyramidale* após sementeira em substrato umedecido com diferentes concentrações (0, 1, 10 e 100 mL/L) da solução comercial de microrganismos Fert Bokashi®.



Nas curvas de germinação (Figura 2), verificam-se dois momentos em que ocorreu a maioria dos eventos de germinação: nos primeiros 20 dias e próximo ao quadragésimo dia. Em 40 dias de avaliação, de 400 unidades semeadas por tratamento, germinaram 101 (25%), 71 (18%), 58 (15%) e 38 (10%) sementes sob as concentrações 0, 1, 10 e 100 mL/L, respectivamente. Após esse período, os eventos de germinação foram isolados e espaçados, chegando-se os percentuais apresentados na Tabela 2 em 330 dias.

#### 4 DISCUSSÃO

A dormência física das sementes de *Ochroma pyramidale* é conhecida (Vazquez-Yanes 1975 e 1976; Varela e Ferraz 1991; Salazar *et al.* 1998; Sandí e Flores 2002; Leão *et al.* 2008). Sementes sem pré-tratamento na temperatura constante a 25 °C apresentaram 22% de germinação. Em estudos anteriores, foram obtidos: 11% (Vazquez-Yanes 1975), 4% (Netto 1985), 19% (Varela e Ferraz 1991), 11% (Martins Netto 1994) e 24,5 % (Barbosa *et al.* 2004).

O desponte foi um método eficaz para a quebra de dormência em *Ochroma*, gerando resultados superiores ou similares (94% em um tempo médio de 3,2 dias) aos obtidos em trabalhos anteriores, como 82% após escarificação manual seguida por imersão em água por 6 horas em 20 dias (Varela e Ferraz 1991); 56% a 89% em 20 dias após imersão das sementes em água quente a 80 °C (Varela e Ferraz 1991; Ramos *et al.* 2006) e entre 83% e 86 % após imersão em ácido sulfúrico (Barbosa *et al.* 2004). Entretanto, devido ao tamanho pequeno das sementes a escarificação mecânica e o desponte são muito trabalhosos, pouco recomendáveis para uma avaliação da qualidade de rotina. No uso de água quente, os resultados nem sempre são satisfatórios e o uso de ácido sulfúrico está cada vez menos recomendado e restrito a laboratórios e profissionais treinados.

O procedimento com solução de detergente, álcool 70% e hipoclorito de sódio 2% foi originalmente proposto por Morpeth e Hall (2000) para a desinfecção de sementes e foi testado aqui pela primeira vez como um método para superação da dormência em sementes de pau-de-balsa. Este procedimento proporcionou a germinação em 75% das sementes em uma média de 10 dias. A sequência das imersões principalmente em álcool e hipoclorito de sódio comercial a 2%, produto alcalino reativo (Anhembí 2010), pode ter causado escarificação química no tegumento das sementes. Trata-se de um resultado útil para a semeadura em sementeiras e para a análise de sementes, uma vez que o hipoclorito de sódio comercial é menos perigoso do que o ácido sulfúrico, de fácil aquisição e sem restrições legais.

Nos trabalhos citados acima sobre a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa, os testes de germinação foram instalados em ambiente com temperatura constante. Entretanto a espécie foi caracterizada como pioneira, frequentemente encontrada em áreas impactadas e sucessão secundária (Dalling *et al.* 1999). Pau-de-balsa se desenvolve bem a pleno sol, diferente de outras espécies não pioneiras (Castro *et al.* 1995). É conhecido que a alternância de temperatura pode ser um sinal para a germinação de sementes de espécies pioneiras, indicando áreas abertas e condições adequadas para o posterior estabelecimento (Baskin e Baskin 2000 Pearson *et al.* 2002, Aud e Ferraz 2011).

Estudos com temperatura alternada já mostraram que uma amplitude térmica maior do que 16,7 °C favorece a germinação das sementes de *Ochroma* (Pearson *et al.* 2002). Uma temperatura de até 35 °C pode ser alcançada na Amazônia Central nos primeiros cinco centímetros do solo em clareiras, enquanto em áreas de floresta intacta, a temperatura se mantém próxima a 26 °C, sem variação significativa, como verificado por Ferreira *et al.* (2002). No presente estudo, a alternância de temperatura com amplitude 20 °C (15/35 °C) causou a quebra de dormência nas sementes de *Ochroma*, produzindo resultados próximos ao desponte, com 81% de germinação em 13,9 dias em média. Este conhecimento pode ser aplicado diretamente na avaliação da qualidade das sementes desta espécie, evitando tratamentos específicos. Aliado ao procedimento de desinfecção proposto por Morpeth e Hall (2000) o tempo médio de germinação poderia ser reduzido para 8,9 dias.

A aplicação de um ativador de compostagem semelhante ao utilizado por Morpeth e Hall (2000) em *Rosa corymbifera* Laxa (rosa-canina) teve efeito negativo sobre a germinação de *Ochroma pyramidale*. As sementes das duas espécies apresentam características distintas. Enquanto na *Rosa* a dormência é causada pela barreira mecânica do envoltório à expansão do embrião, *Ochroma* possui dormência imposta pela impermeabilidade do tegumento. A porosidade do envoltório das sementes da *Rosa* pode ter sido favorável à ação dos microrganismos, pelo aumento da superfície de contato, possibilitando a quebra de dormência e a germinação final em torno de 95%, o que não ocorreu em *Ochroma*. Desta forma a aplicação do Fert Bokashi® não pode ser recomendada para superação da dormência das sementes de *Ochroma pyramidale*.

## 5 CONCLUSÃO

O tratamento químico descrito por Morpeth e Hall (2000), utilizando detergente, álcool e hipoclorito de sódio, e a alternância de temperatura entre 15 e 35 °C se mostraram métodos eficientes para a superação da dormência física em *Ochroma pyramidale* e podem ser

recomendados, sendo ainda necessário avaliar o vigor das plântulas originadas. A aplicação de microrganismos não apresentou resultados positivos para a superação da dormência.

## 6 AGRADECIMENTOS

À Escola Japonesa de Manaus, por ter permitido a coleta dos frutos de *Ochroma* em seu estabelecimento. À Rede CTPetro Amazônia (PETROBRAS e FINEP), por financiar esta pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

- Anhemi. 2010. Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos – Água Sanitária Qboa. 1: 1-6. (<http://www.qboa.com.br/portugues/pdfs/Fis00001-Fispq-Agua-Sanitaria-Qboa.pdf>). Acesso em 19/06/2013.
- Aud, F.F.; Ferraz, I.D.K. 2011. Seed size influence on germination responses to light and temperature of seven pioneer tree species from the Central Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84: 759-766.
- Barbosa, A.P.; Sampaio, P. de T.B.; Campos, M.A.A.; Varela, V.P.; Gonçalves, C.Q.B.; Iida, S. 2004. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). *Acta Amazonica*, 34: 7-10.
- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 1998. *Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, Academic Press. 666 pp.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 2000. Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed science research*, 10: 409-413.
- Black, M.; Bewley, J.D.; Halmer, P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds - Science, Technology and Uses*. CABI, Wallingford, Inglaterra. 828 pp.
- Campos, M.A.A; Uchida, T. 2002. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 281-288.
- Castro, Y; Fetcher, N. 1995. Chronic photoinhibition in seedlings of tropical trees. *Physiologia-Plantarum*, 94: 560-565.
- Dalling, J.W.; Lovelock, C.E.; Hubbell, S.P. 1999. Growth responses of seedlings of two neotropical pioneer species to simulated forest gap environments. *Journal of Tropical Ecology*, 15: 827-839.
- Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; Mello-Ivo, W.; Ross, S.M; Biot, Y. 2002. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 32: 449-466.

Kazaz, S.; Erbas, S; Baydar, H. 2010. Breaking seed dormancy in oil rose (*Rosa damascena* Mill.) by microbial inoculation. *African Journal of Biotechnology*, 9: 6503-6508.

Leão, N.V.; Freitas, A.D.; Carrera, R.H. 2008. Pau-de-balsa – *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urban. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 19. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.

Martins Netto, D.A. 1994. Germinação de sementes de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex. Urb) – Bombacaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, 16: 159-162.

Maguire, J.D. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.

Morpeth, D.R.; Hall, A.M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* 'Laxa'. *Seed Science Research*, 10: 489-494.

Pearson, T.H.R.; Burslem, D.F.R.P.; Mullins, C.E.; Dalling, J.W. 2002. Germination Ecology of neotropical pioneers: Interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology* 83: 2798-2807.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, (<http://www.R-project.org/>).

Ramos, M.B.P.; Varela, V.P.; Melo, M.F.F. 2006. Influência da temperatura e da quantidade de água no substrato sobre a germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) (pau-de-balsa). *Acta Amazônica*, 36: 103-106.

Riley Balsawood Surfboards. 2013. Applications for balsa wood. Disponível em <[http://www.balsasurfboardsriley.com.au/Balsa\\_applications.html](http://www.balsasurfboardsriley.com.au/Balsa_applications.html)>. Acesso em 30/06/2013.

Salazar, R.; Soihet, C; Méndez, J.M. 1998. *Ochroma lagopus* SW - Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales - CATIE – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 46: 1-2

Sandi, C.; Flores, E.M. 2002. *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. In. Vozzo, J.A. *Tropical Tree Seed Manual*, p.586-587.

Santana, D.G.; Ranal, M.A. 2004. *Análise estatística na germinação: um enfoque estatístico*. Brasília: UnB, 2004. 248p.

Varela, V.P.; Ferraz, I.D.K. 1991. Germinação de sementes de pau-de-balsa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 26: 1685-1689.

Vazquez-Yanes, C. 1975. The use of a thermogradient bar in the study of seed germination in *Ochroma lagopus* SW.. *Turrialba*, 23: 176-179.

Vazquez-Yanes, C.; Pérez-García, B. 1976. Notas sobre la morfología y la anatomía de la testa de las semillas de *Ochroma lagopus* SW. *Turrialba*, 26: 310-311.

Zapata, F. 2000. *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. – Balso. *Serie – Especies Forestales*, 1: 1-11.

## Capítulo 3

---

Superação de dormência mecânica das sementes de *Minquartia guianensis* Aubl. pela ação de microrganismos e não pela temperatura alternada. *Manuscrito formatado para a Revista Acta Amazonica*

Superação de dormência mecânica das sementes de *Minquartia guianensis* Aubl. pela ação de microrganismos e não pela temperatura alternada

Knopki, P.B.; Ferraz, I.D.K.

*Programa de Pós-Graduação em Ecologia - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.*

## RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da alternância de temperatura e da ação de microrganismos sobre a velocidade de germinação de *Minquartia guianensis* Aubl., cujas sementes possuem dormência mecânica, em função da rigidez do endocarpo. Foram realizados ensaios de germinação sob três condições térmicas: temperatura constante de 25 °C, alternada (12h : 12h) entre 20 e 30 °C e entre 15 e 35 °C, com 12 horas de luz diária a temperatura mais alta, e com sementeira sobre o substrato vermiculita superfina, com e sem desinfecção das sementes. Em paralelo, foi estudado, em temperatura constante de 25 °C o efeito do ativador de compostagem Fert Bokashi®, que possui microrganismos selecionados, utilizando soluções de 0, 1, 10 e 100 mL/L de água destilada no primeiro umedecimento do mesmo substrato, no qual as sementes foram cobertas (0,5 cm). A germinação foi acompanhada durante 250 dias, e foram avaliados o percentual final, o tempo médio e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições de 50 sementes por tratamento, e os dados foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Verificou-se efeito negativo da desinfecção sobre a porcentagem final e a velocidade de germinação. A alternância térmica não afetou as variáveis estudadas e a aplicação da solução comercial de microrganismos na concentração 10 mL/L aumentou e acelerou a germinação em relação ao controle. Dessa forma, a presença de microrganismos é um fator mais importante para a germinação em *Minquartia* do que a alternância diária de temperatura.

## PALAVRAS-CHAVE

Termoperíodo; Dormência exógena; Fert Bokashi®; Sementes tropicais

## ABSTRACT

This study was done with the objective of evaluating the influence of the temperature alternation and of the microorganisms action over the germination speed of *Minquartia guianensis* Aubl., species which have mechanical dormancy, due to the hardness of the endocarp. Assays germination were performed under three thermal conditions: constant temperature of 25 °C, alternating (12h : 12h) between 20 and 30 °C and between 15 and 35 °C, with 12 hours daylight to the higher temperature, with sown on vermiculite substratum super thin, with and without seeds disinfection. Parallel, it was studied, in constant temperature of 25 °C the effect of the compost activator Fert Bokashi®, which has selected microorganisms, using solution of 0, 1, 10 and 100 mL/L of distilled water in the first wetting of the same substratum. The germination was regularly followed for one year, and graphs were created with curves of germination and calculated the final percentage, the average time and the Index of Germination Speed (IVG). The experimental lineation was entirely randomized with 4 repetitions of 50 seeds for treatment, and data were evaluated by Analysis of Variance and Kruskal-Wallis Test. It was verified negative effect of disinfection procedure over the final percentage and the germination speed;

the effect of thermal alternation was neutral and the effect of applying Fert Bokashi® in the concentration 10 mL/L was positive. Thus, it was showed up the significant influence of microorganism's action over the species germination process.

## KEYWORDS

Thermoperiod; Exogenous dormancy; Fert Bokashi®; Tropical seeds

## 1 INTRODUÇÃO

*Minquartia guianensis* Aubl. pertence à família Olacaceae, e é popularmente conhecida como acariquara. Seu principal uso é a madeira de alta densidade (1,04 g/cm<sup>3</sup>) e durabilidade em exteriores, postes, colunas, estacas, dormentes, mourões, dentre outros (Nebel 2001; Farias 2010). A árvore pode alcançar 30 metros de altura e 0,85 m de diâmetro à altura do peito (Camargo *et al.* 2005;). Possui crescimento lento e está presente principalmente em estágios sucessionais avançados (Camargo 2004).

A área de ocorrência compreende a América Central e a Bacia Amazônica. No Brasil, é encontrada nos estados do Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá. Ocorre em solos arenosos ou argilosos, desde terras baixas até 1000 m de altitude, com precipitação média anual variando de 2500 a 6500 mm e temperatura média anual de 22°C a 35°C (Flores 2002; Camargo *et al.* 2005). O estabelecimento de plântulas em ambiente natural foi observado predominantemente em locais sombreados em florestas primárias e secundárias (Flores 2002; Camargo 2004; Camargo *et.al.* 2005). Há efeitos de fotoinibição da fotossíntese em *Minquartia* pela exposição repentina a sol intenso (Azevedo e Marengo 2012).

O fruto é do tipo drupa, de formato elíptico ou ovalado. O exocarpo é fino e membranoso. O propágulo é um pirênio, com endocarpo de consistência lenhosa e peso de 1,3 a 1,8 g, com dispersão zoocórica (Camargo *et.al.* 2005). O pirênio possui comportamento recalcitrante e dormência mecânica, em função da rigidez do endocarpo, e morfológica, em função do desenvolvimento do embrião (Camargo 2004; Camargo *et al.* 2005). Em condições de viveiro, a protrusão da radícula geralmente inicia 4 meses após a semeadura (Flores 2002), sendo possível reduzir o prazo em cerca de três vezes pela remoção do endocarpo (Camargo 2004).

Para estudos de Ecologia de Germinação, é importante conhecer os mecanismos de controle de germinação e quebra de dormência na natureza. Dependendo da espécie, há inúmeros fatores que podem causar a quebra de dormência, como temperaturas elevadas e flutuação térmica, estresse hídrico, fogo, temperaturas de inverno, ação microbiana e passagem pelo trato digestivo de animais (Baskin e Baskin 1998).

A temperatura pode afetar a germinação tanto direta quanto indiretamente, influenciando a germinação em si ou a dormência (Black *et al.* 2006; Baskin e Baskin 1998). No envoltório de sementes que possuem dormência física (impermeabilidade do tegumento à água), há estruturas especializadas que permitem a passagem de água apenas quando as condições ambientais estão adequadas. Para Baskin e Baskin (2000), alterações térmicas são o principal fator que propicia sua abertura. Em sementes com dormência mecânica (envoltórios rígidos e permeáveis à água), também podem ser observados locais específicos por onde ocorre a protrusão da radícula. Há três tipos recorrentes de mecanismos de abertura: a divisão em duas metades, uma estrutura semelhante a porta ou janela e uma rolha (Hill 1933 e 1937). Entretanto, para essas sementes, não há indícios de que as estruturas sejam sensores de condições ambientais (Baskin e Baskin 2000).

A ação decompositora de microrganismos é frequentemente associada à quebra de dormência exógena, mas poucos estudos apresentam evidências claras dessa relação (Baskin e Baskin 2000; Fenner e Thompson 2005). Para a quebra de dormência mecânica de sementes de *Rosa corymbifera* Laxa (rosa-canina), os microrganismos dos frutos são fundamentais. A germinação sem manipulação das sementes ou com a remoção dos microrganismos não ultrapassa 2% em um ano, enquanto com a aplicação de um fertilizante comercial Garotta®, que acelera processos biológicos, chega a 95% (Morpeth e Hall 2000). Em estudo com sementes de *Rosa damascena* Mill (rosa-de-damasco), a germinação da testemunha foi 13,3%, e com a aplicação dos produtos EM-1®, Phosfert® e B:Speel®, que contém microrganismos, foi de 69,3%, 44% e 52%, respectivamente (Kazaz *et al.* 2010).

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da alternância de temperatura e da ação de microrganismos sobre a velocidade de germinação e quebra de dormência mecânica de *Minuartia guianensis*, associando tais fatores às características da espécie.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos de *Minuartia guianensis* foram coletados de sete matrizes da Estação Experimental de Silvicultura Tropical, localizada a 60 km ao Norte de Manaus-AM. A polpa foi removida manualmente com faca e pela maceração em peneiras. O pirênio, que é a semente ainda envolvida pelo endocarpo, é a unidade de dispersão e a unidade de semeadura. Para simplificar, optou-se no decorrer deste trabalho por utilizar o termo semente, indicando quando for o caso a retirada do endocarpo. As sementes foram armazenadas até o início dos experimentos de germinação em sacos plásticos finos que permitem a troca gasosa, mantidos em câmara a 15 °C, com umidade relativa maior do que 90%, devido à sensibilidade das



sementes ao dessecamento, pelo período de uma semana. A dormência mecânica foi superada pela remoção manual do endocarpo somente para o controle. Para os demais tratamentos, as sementes foram semeadas com o endocarpo.

A ação de microrganismos sobre a quebra de dormência foi avaliada com a aplicação de Fert Bokashi®, um ativador de compostagem comercial. Este produto contém microrganismos selecionados, e foi aplicado em soluções de 0, 1, 10 e 100 mL/L com água destilada. O substrato foi umedecido na proporção de 2 g das soluções por 1 g de substrato, e reumedecido com água destilada quando necessário. As sementes foram cobertas com o substrato para garantir que toda a sua superfície tivesse contato com os microrganismos. O acompanhamento foi semanal durante 250 dias, até a verificação do apodrecimento de todas as sementes remanescentes. O critério de germinação foi a emergência, sendo a visualização de qualquer parte da plântula sobre o substrato. Os tratamentos foram mantidos a uma temperatura constante de  $25 \pm 2$  °C e umidade relativa de  $60 \pm 10\%$  em sala com luz natural e de lâmpadas fluorescentes durante o período diurno.

O efeito da temperatura alternada sobre a velocidade de germinação foi avaliado com três diferentes condições térmicas: temperatura constante a 25°C (25/25) e temperatura alternada a cada 12 horas entre 20 e 30°C (20/30) e entre 15 e 35°C (15/35). O fotoperíodo de 12 horas, fornecido por lâmpadas fluorescentes de PAR  $70 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , coincidiu com a temperatura mais alta. Foram utilizadas câmaras de germinação de marca LMS® para a alternância térmica e prateleiras da sala de germinação do Laboratório de Sementes do INPA para temperatura constante a 25 °C. A temperatura variou no máximo de  $\pm 1$  °C em torno do valor determinado para cada tratamento. Adicionalmente, foi avaliada a desinfecção das sementes conforme descrito em Morpeth e Hall (2000), no qual há uma imersão sequencial das sementes em solução de dez gotas de detergente Limpol® (20 min), álcool 70% (5 min) e hipoclorito de sódio comercial de concentração 2% Brillux (20 min), com enxágues de água destilada em abundância após cada etapa. A semeadura se deu acima do substrato, e o mesmo foi umedecido com água destilada na proporção de 1 g de substrato por 2 g de água e reumedecido quando necessário. O experimento foi acompanhado semanalmente durante 260 dias, até a perda completa da germinabilidade das sementes restantes, verificada pelo apodrecimento. Foram consideradas germinadas as sementes que apresentaram protrusão visível da radícula com curvatura geotrópica.

Em ambos os experimentos as sementes foram semeadas em caixas de plástico tipo gerbox (11 x 11 x 4 cm) contendo 25 sementes cada, considerando duas caixas como uma repetição de 50 sementes. O substrato foi vermiculita superfina, do fabricante Brasil Minérios

Ltda. Foram calculados o percentual final de germinação, o tempo médio de germinação (Santana e Ranal 2004) e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG; Maguire 1962) para cada tratamento e suas repetições.

O desenho experimental foi inteiramente causalizado com sete tratamentos no experimento sobre o efeito da temperatura e da desinfecção e 4 tratamentos no experimento dos microrganismos, utilizando sempre 4 repetições com 50 sementes. Aplicou-se o Teste estatístico Não-Paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar diferenças entre os tratamentos. O software utilizado para as análises foi o R (R Development Core Team 2011).

### 3 RESULTADOS

A aplicação de Fert Bokashi® afetou positivamente a germinação das sementes de *Minquartia*, visível pela antecipação da germinação e pelo valor final maior em relação ao umedecimento com água destilada (Figura 1). Efeitos significativos foram obtidos com uma aplicação de 10 mL/L a 100 mL/L, observando todas as variáveis avaliadas (Tabela 1). Entretanto a germinação final com uso de apenas água destilada foi menor (49%) do que no experimento de alternância de temperatura (79,5%), em que a semeadura ocorreu acima do mesmo substrato. Desta forma, é possível que as sementes desta espécie sejam suscetíveis ao soterramento, mesmo com apenas cerca de 0,5 cm.

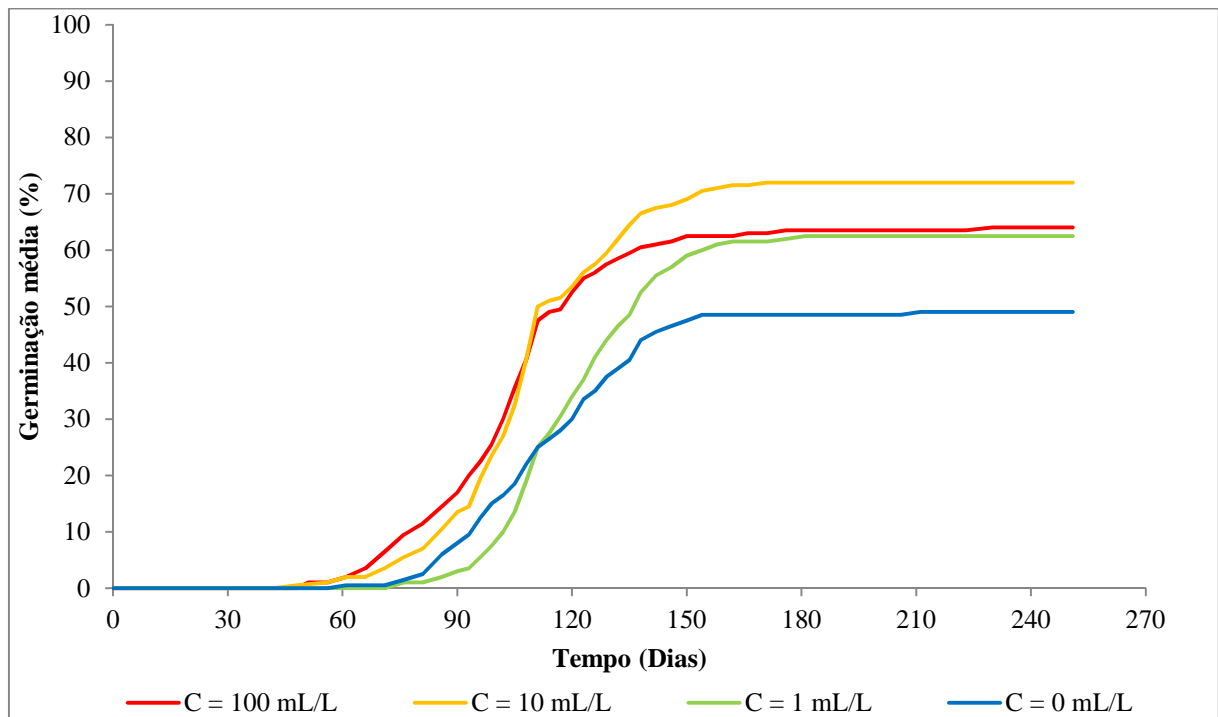


Figura 1 – Emergência, após semeadura das sementes de *Minquartia guianensis* em vermiculita superfina umedecida com diferentes concentrações (0, 1, 10 e 100 mL/L) da solução comercial de microrganismos Fert Bokashi®

Tabela 1 - Efeito da aplicação de solução comercial de microrganismos (0, 1, 10 e 100 mL/L em água destilada) sobre a quebra da dormência das sementes de *Minquartia guianensis*, observando a emergência sobre o substrato.

Concentração de fertilizante (mL/L)	Germinação final (%)	Tempo médio (dias)	IVG*
	Média (DP)	Média (DP)	Média (DP)
0	<b>49,0</b> (10,4) <b>b</b>	<b>114,24</b> (8,12) <b>b</b>	<b>0,89</b> (0,05) <b>b</b>
1	<b>62,5</b> (4,7) <b>ab</b>	<b>120,89</b> (2,87) <b>b</b>	<b>1,06</b> (0,06) <b>ab</b>
10	<b>72,0</b> (9,7) <b>a</b>	<b>108,86</b> (3,14) <b>ab</b>	<b>1,38</b> (0,05) <b>a</b>
100	<b>64,0</b> (14,7) <b>ab</b>	<b>104,19</b> (6,32) <b>a</b>	<b>1,30</b> (0,08) <b>a</b>

\* Índice de Velocidade de Germinação (Maguire 1962)

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas pelo Teste de Kruskal-Wallis.

A germinação de *Minquartia* a 25 °C temperatura constante iniciou 40 dias após a semeadura e finalizou após 210 dias com 79,5% (Figura 2 e Tabela 2). A remoção do endocarpo acelerou significativamente o processo, sendo a primeira protrusão de radícula observada após 12 dias, e reduziu o tempo médio de 82,3 dias para 21,2 dias (Tabela 2). Entretanto a germinação final não foi alterada pela retirada do endocarpo em relação à temperatura constante a 25 °C. Além de confirmar uma restrição mecânica do endocarpo, os resultados atestam alta germinabilidade das sementes utilizadas nos ensaios. A alternância térmica com amplitude diária de 10 °C ou 20 °C não afetou as variáveis de germinação analisadas em relação a temperatura constante (Figura 2 e Tabela 2).

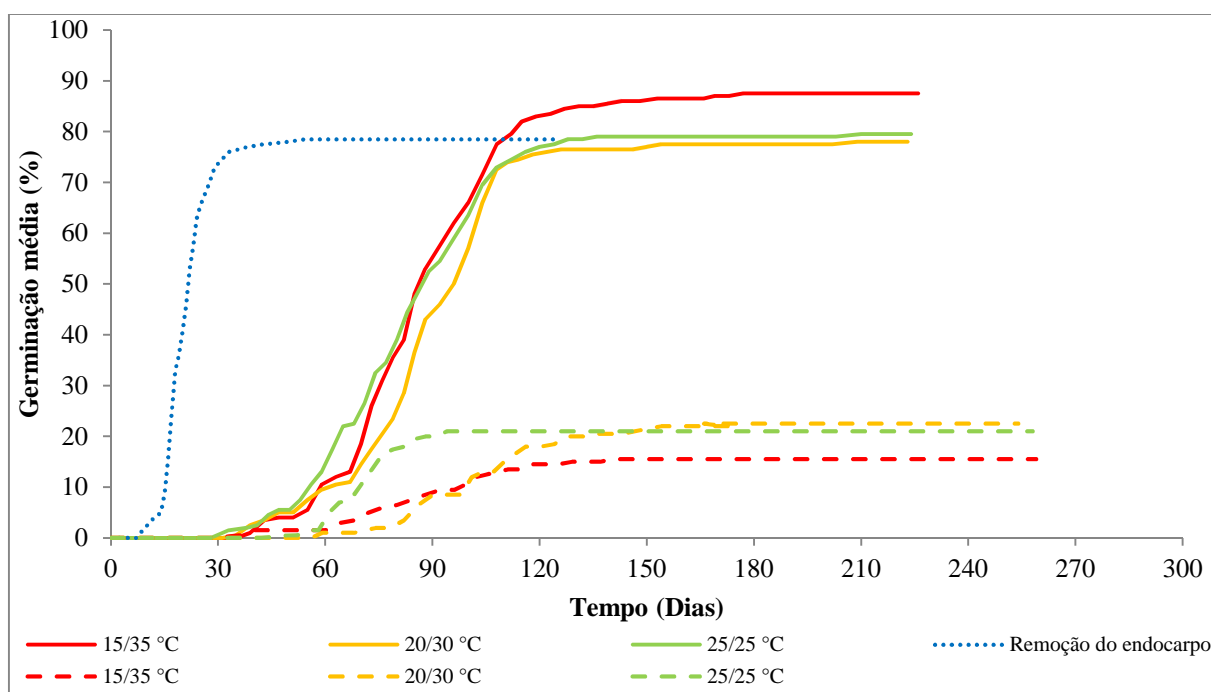


Figura 2 – Protrusão da radícula das sementes de *Minquartia guianensis* após remoção do endocarpo (superação da dormência mecânica - linha pontilhada) e com endocarpo sob três condições de temperatura: 25 °C constante,

e temperatura alternada a cada 12 horas entre 20 e 30 °C e entre 15 e 35 °C, comparando sementes desinfetadas conforme Morpeth e Hall (2000) (linha tracejada) com não desinfetadas (linha contínua).

O procedimento de desinfecção (Morpeth e Hall 2000), que visou eliminar microrganismos presentes no endocarpo das sementes, reduziu significativamente a percentagem final de germinação nas três condições de temperatura, como também o IVG (Figura 2 e Tabela 2). Entretanto não afetou o tempo médio de germinação (Tabela 2). A avaliação visual e o corte no final do experimento revelou que todas as sementes não germinadas tinham apodrecido. Desta forma a desinfecção afetou negativamente a viabilidade das sementes e a redução da germinação pela eliminação de microrganismos promotores pode ser excluída.

Tabela 2 – Efeito da temperatura constante 25°C (25/25) e da alternância de temperatura a cada 12 horas entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35), sobre a protrusão da radícula sem e com aplicação prévia de desinfecção das sementes de *Minquartia guianensis*, em comparação com a semeadura após remoção do endocarpo.

Tratamento	Desin- fecção	Percentual final (%) Média (DP)	Tempo médio (dias) Média (DP)	IVG* Média (DP)
Remoção do endocarpo (25 °C)	Sem	<b>78,5</b> (9,1) <b>a</b>	<b>21,17</b> (2,24) <b>a</b>	<b>7,98</b> (0,24) <b>a</b>
25/25 °C	Sem	<b>79,5</b> (9,3) <b>a</b>	<b>82,30</b> (2,69) <b>b</b>	<b>2,11</b> (0,06) <b>b</b>
20/30 °C	Sem	<b>78,0</b> (8,5) <b>a</b>	<b>88,10</b> (3,01) <b>b</b>	<b>1,91</b> (0,07) <b>b</b>
15/35°C	Sem	<b>87,5</b> (7,7) <b>a</b>	<b>86,97</b> (2,04) <b>b</b>	<b>2,16</b> (0,04) <b>b</b>
25/25 °C	Com	<b>21,0</b> (5,0) <b>b</b>	<b>71,29</b> (2,56) <b>b</b>	<b>0,60</b> (0,04) <b>c</b>
20/30 °C	Com	<b>22,5</b> (6,4) <b>b</b>	<b>104,24</b> (8,69) <b>b</b>	<b>0,45</b> (0,04) <b>c</b>
15/35 °C	Com	<b>15,5</b> (4,1) <b>b</b>	<b>86,48</b> (12,02) <b>b</b>	<b>0,40</b> (0,03) <b>c</b>

\* Índice de Velocidade de germinação (Maguire 1962)

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas verificadas no Teste de Kruskal-Wallis.

#### 4 DISCUSSÃO

A ação de microrganismos já foi citada em pelo menos 16 referências como importante fator de quebra de dormência na superfície do solo, mas há poucos resultados experimentais que evidenciem essa relação (Baskin e Baskin 2000). Uma das publicações que mostraram claramente a importância dos microrganismos na quebra de dormência mecânica foi o trabalho de Morpeth e Hall (2000) na germinação de *Rosa corymbifera* Laxa (rosa-canina). A germinação das sementes sem tratamento ou após desinfecção foi entre 0 e 2% em um ano, aumentando para 95% após a aplicação de um fertilizante que acelera processos biológicos (Garotta ®) e a inoculação de microrganismos. Resultados similar foram obtidos com sementes

de *Rosa damascena* Mill. (rosa-de-damasco), nos quais a germinação aumentou significativamente após adição de produtos comerciais similares (EM-1®, Phosfert® e B:Speel®) ao estudo com a *Rosa corymbifera* (Kazaz *et al.* 2010). Diferente do ensaio com a *Rosa*, o procedimento de desinfecção reduziu significativamente a germinabilidade das sementes de *Minquartia* em todas as condições térmicas testadas, tendo sido necessário realizá-lo também sem desinfecção. Desta forma o experimento com a aplicação de Fert Bokashi® não possui um controle sem microrganismos e a aplicação da solução comercial dos microrganismos pode ter um efeito adicional aos microrganismos já existentes no envoltório das sementes. Mesmo assim, pode-se verificar que somente com a adição da solução comercial o IVG aumentou significativamente em relação ao feito com água destilada. Este índice incorpora duas variáveis: a germinabilidade e a velocidade do processo (Santana e Ranal 2004) e é desta forma mais sensível a variações do que as variáveis analisadas isoladamente.

Estudos experimentais na floresta verificaram que a posição das sementes acima da serrapilheira apresentou menor apodrecimento do que as sementes posicionadas entre serrapilheira ou enterradas (Camargo 2004). Desta forma as sementes podem ser muito sensíveis ao soterramento, o que se verificou neste estudo na comparação entre a alta percentagem de germinação acima do substrato e a redução da taxa de germinação nas sementes cobertas com 0,5 cm de vermiculita.

O percentual final de germinação obtido no controle (remoção do endocarpo) foi equivalente estatisticamente aos tratamentos efetuados nas três condições térmicas sem remoção do endocarpo, mesmo com a maior contaminação por fungos observada sem a proteção do endocarpo. Já o tempo médio de germinação foi reduzido de 82,3 para 21,2 dias. Em um estudo de emergência de *Minquartia* no viveiro, foi registrada uma redução de emergência de 75% para 56% pela remoção do endocarpo em função dos fungos, e uma redução do tempo médio de 100 dias para 40 dias (Camargo 2004). Desta forma o presente estudo ratifica que as sementes de *Minquartia* possuem dormência mecânica, em função da rigidez do endocarpo.

A influência da alternância térmica sobre a velocidade de germinação de *Minquartia* foi neutra, e não suporta a hipótese de Baskin e Baskin (2000) de que a alternância de temperatura pode ser um fator mais importante para a quebra de dormência do que a ação dos microrganismos. O resultado foi condizente com o ambiente natural da espécie, em função da predominância em estágios sucessionais avançados (Flores 2002) e o estabelecimento em áreas sombreadas e não perturbadas, sendo que a densidade de plântulas de *Minquartia* foi 2,5 vezes maior em floresta contínua do que em fragmentos florestais (Camargo 2004). A fragmentação

ou outras intervenções naturais ou humanas alteram o microclima, como mostrado pela temperatura do solo em locais com extração seletiva de madeira, que causou maior incidência de luz. Em áreas sem impacto, a temperatura manteve-se próxima a 26 °C, sem variações significativas, ao passo que numa clareira a maior temperatura registrada nos primeiros 5 centímetros do solo foi 35 °C, e a menor foi 22,6 °C (Ferreira *et al.* 2002). Já a concentração de microrganismos é maior em áreas de floresta primária do que em áreas modificadas. Num local com floresta primária no município de Manaus, a biomassa microbiana em carbono foi quantificada em 708,23 mg C/ kg de solo, enquanto em área em regeneração com um plantio de cupuaçu, a biomassa foi em média 472,66 mg C/ kg de solo (Moreira e Malavolta 2004).

## 5 CONCLUSÃO

A alternância de temperatura apresentou efeito neutro sobre a velocidade de germinação e a superação da dormência. A remoção dos microrganismos pela desinfecção das sementes utilizando o procedimento de Morpeth e Hall (2000) influenciou negativamente. Já a aplicação de microrganismos exerceu efeito positivo, verificado na concentração 10 mL/L de Fert Bokashi®. Dessa forma, a presença de microrganismos foi um fator de maior importância para a superação de dormência mecânica em *Minuartia* do que a alternância de temperatura.

## 6 AGRADECIMENTOS

Ao coletor de sementes Edmilson, do INPA, por fornecer as sementes de acariquara. À Rede CTPetro Amazônia (PETROBRAS e FINEP), por financiar esta pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

- Azevedo, G.F.C.; Marengo, R.A. 2012. Growth and physiological changes in saplings of *Minuartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* during acclimation to full sunlight. *Photosynthetica*, 50: 86-94.
- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 1998. *Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, Academic Press. 666 pp.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 2000. Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed science research*, 10: 409-413.
- Black, M.; Bewley, J.D.; Halmer, P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds - Science, Technology and Uses*. CABI, Wallingford, Inglaterra. 828 pp.

Camargo, J.L.C. 2004. *Alterações na dinâmica e demografia de árvores tropicais após fragmentação florestal na Amazônia Central*. Tese de doutorado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

Camargo, J.L.C.; Ferraz, I.D.K. 2005. Acariquara-roxa – *Minquartia guianensis* (Aubl.) Urban. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 10. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.

Farias, G.S. 2010. *Estrutura genética de populações e filogeografia da acariquara (Minquartia guianensis Aubl., Olacaceae)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 84 p.

Fenner, M.; Thompson, K. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge, Cambridge University Press. 250p.

Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; Mello-Ivo, W.; Ross, S.M; Biot, Y. 2002. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 32: 449-466.

Flores, E.M. 2002. *Minquartia guianensis* Aubl.: Olacaceae (Olax family). In Vozzo, J.A. (ed.). *Tropical Tree Seed Manual*. 575-578 pp.

Kazaz, S.; Erbas, S; Baydar, H. 2010. Breaking seed dormancy in oil rose (*Rosa damascena* Mill.) by microbial inoculation. *African Journal of Biotechnology*, 9: 6503-6508.

Maguire, J.D. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.

Moreira, A.; Malavolta, E. 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 1103-1110.

Morpeth, D.R.; Hall, A.M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* 'Laxa'. *Seed Science Research*, 10: 489-494.

Nebel, G. 2001. *Minquartia guianensis* Aubl.: use, ecology, and management in forestry and agroforestry. *Forest Ecology and Management*, 150: 115-124.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, (<http://www.R-project.org/>).

Santana, D.G.; Ranal, M.A. 2004. *Análise estatística na germinação: um enfoque estatístico*. Brasília: UnB, 2004. 248p.

Souza, A.C.B.; Lima Jr. D.P; Schüssler, G.; Cardoso, V.T.; Almeida, W.R. 2005. Estabelecimento de plântulas de *Minquartia guianensis* (Olacaceae) em uma área submetida ao corte seletivo na Amazônia Central. *Livro do Curso Ecologia da Floresta Amazônica*.

## Capítulo 4

---

Ação da alternância de temperatura sobre a superação de dormência mecânica de sementes de *Bertholletia excelsa* Bompl. *Manuscrito formatado para a Revista Acta Amazonica*



Ação da alternância de temperatura para a superação de dormência mecânica de sementes de *Bertholletia excelsa* Bompl.

Knopki, P.B.; Ferraz, I.D.K.

*Programa de Pós-Graduação em Ecologia - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.*

## RESUMO

*Bertholletia excelsa* Bompl., Lecythidaceae, é uma espécie arbórea emergente e dominante em florestas de terra firme. Suas amêndoas comestíveis são um dos principais produtos do extrativismo na Amazônia. A germinação das sementes é lenta e irregular, em virtude de dormência fisiológica e mecânica. Para a compreensão do ciclo reprodutivo da espécie é importante entender as condições naturais que favorecem a germinação. Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a influência da alternância de temperatura, situação existente em clareiras em florestas tropicais, sobre o percentual e a velocidade de germinação de *B. excelsa*. Foram realizados ensaios de germinação sob três condições térmicas: temperatura constante de 25 °C, alternada (12h : 12h) entre 20 e 30 °C e entre 15 e 35 °C, com 12 horas de luz diária na temperatura mais alta, semeadura sobre o substrato vermiculita superfina e desinfecção prévia das sementes com detergente, álcool e hipoclorito de sódio comercial. A germinação foi acompanhada por um ano, e foram construídas curvas de germinação ao longo do tempo. Foram calculados o percentual final, o tempo médio e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições de 50 sementes por tratamento, e os dados foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis. Verificou-se efeito positivo da alternância térmica de maior amplitude (15/35 °C) sobre a germinação final e a velocidade de germinação, indicando a importância de clareiras para as fases iniciais do desenvolvimento da espécie.

## PALAVRAS-CHAVE

Termoperíodo; Dormência exógena; Sementes tropicais

## ABSTRACT

The nut tree, Lecythidaceae, is a tree species emergent and dominant in mainland forest. Its edible almonds are one of the main products of Amazon extraction. The seeds germination is slow and irregular, due to its physiological and mechanical dormancy. For comprehending the reproductive cycle of the species it is important to understand the natural condition which favors the germination. This study was done aiming to evaluate the influence of the temperature alternation, existing situation in gaps in tropical forests, about the percentage and the speed of *Bertholletia excelsa* Bompl germination. Assays of germination were performed under three thermal condition: constant temperature of 25 °C, alternating (12h : 12h) between 20 and 30 °C and between 15 and 35 °C, with 12 hours daylight in higher temperature, with sowing on vermiculite super thin, in treatments with and without preview seed disinfection with alcohol and commercial sodium hypochlorite. The germination was followed for one year, and curves of germination were created over time. The final percentage was calculated, the average time and the Germination Speed Index (IVG). The experimental design was entirely randomized, with 4 repetitions of 50 seeds per treatment, and the data were analyzed by Variance Analysis and Kruskal-Wallis Test. It was verified positive effect of the thermal alternating of higher

amplitude (15-35 °C) about the final percentage and the germination speed, indicating the importance of gaps for the initial phases of the species development.

## **KEYWORDS**

Thermoperiod; Exogenous dormancy; Tropical seeds

## **1 INTRODUÇÃO**

*Bertholletia excelsa* Bompl. pertence à família Lecythidaceae, e é popularmente conhecida como castanheira-da-amazônia. Trata-se de uma árvore emergente e dominante de grande porte, que habita maciços florestais da Amazônia. Pode chegar a 50 metros de altura e 3 metros de diâmetro a altura do peito (Scoles 2010). Ocorre em florestas de terra firme da região amazônica, com ampla e irregular distribuição. Os países de maior ocorrência são Brasil, Bolívia, Peru, Suriname e Guiana Francesa. Na Amazônia Brasileira, os estados de maior frequência são Pará, Rondônia, Amazonas, Acre, Amapá, Roraima, Maranhão e Mato Grosso (Müller 1981).

Apesar ser uma espécie madeireira, seu uso principal são as sementes comestíveis (Figueiredo e Carvalho 1990). Apreciadas internacionalmente no mercado de frutas secas, ocupam, após o açaí, o segundo lugar dentre os produtos não-madeireiros da Região Norte obtidos pelo extrativismo (IBGE 2011).

O fruto da castanheira-da-amazônia é do tipo pixídio. Cada fruto contém, em média 18 sementes angulosas, com tegumento córneo envolvendo o embrião (Carvalho *et al.* 1999). As sementes são intolerantes ao dessecamento (Figueiredo e Carvalho 1994) e possuem dormência mecânica, em função da rigidez do tegumento, além de dormência fisiológica (Kainer *et al.* 1999). Após a remoção do tegumento, é possível obter a germinação em 20 dias (Müller 1981). Contudo, para a compreensão da ecologia da espécie, é importante entender quais os fatores que influenciam a germinação das sementes em ambientes naturais. Dependendo da espécie, há diversos fatores que podem contribuir para a quebra de dormência, dentre os quais se destaca a detecção pela semente da temperatura ideal para o estabelecimento da plântula (Baskin e Baskin 1998).

A temperatura pode influenciar a velocidade do processo de germinação e/ou a dormência. As temperaturas cardeais (mínima, máxima e ótima) são consideradas como efeitos diretos. O efeito indireto da temperatura é relacionado à superação da dormência, pois há espécies que necessitam de um choque térmico com alta ou baixa temperatura, ou de uma alternância térmica para a germinação (Black *et al.* 2006).

A alternância térmica ocorre com maior intensidade em regiões de clima temperado, mas também pode ocorrer em clareiras em florestas tropicais. O estabelecimento das plântulas em florestas tropicais pode ser favorecido pela existência de clareiras, nas quais a competição por luminosidade e nutrientes com as plantas adultas é menor (Fenner e Thompson 2005). Em *Bertholletia excelsa*, a sobrevivência da plântula é facilitada pela grande quantidade de reservas da semente, mas sendo uma espécie heliófila, seu crescimento é favorecido pela luminosidade das clareiras (Scoles 2010).

A detecção das condições ambientais ideais para o estabelecimento da plântula pelas sementes, principalmente de espécies que possuem dormência física, pode causar a quebra da dormência (Baskin e Baskin 1998). Com base nessas ideias, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência da alternância térmica sobre a velocidade de germinação em *Bertholletia excelsa* e suas implicações ecológicas.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ouriços de castanha-da-amazônia foram coletados após queda natural no castanhal do Colégio Agrícola de Manaus-AM. As sementes foram liberadas pela quebra dos ouriços com terçado. Por se tratar de sementes sensíveis ao dessecamento (Figueiredo e Carvalho 1994), foram mantidas até o início dos ensaios em embalagens de plástico que permitem trocas gasosas sem redução do teor de água e armazenadas em câmara a 15 °C, com umidade relativa superior a 90%.

As sementes foram semeadas sobre o substrato de vermiculita superfina do fabricante Brasil Minérios Ltda, em embalagens de plástico transparente com as dimensões 30 x 15 x 10 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente. O umedecimento inicial foi na proporção 2 g de água de água destilada por 1 g de substrato. As embalagens foram envolvidas por sacos plásticos finos para evitar excessiva perda de água. Quando necessário, houve reposição de água.

O efeito da temperatura alternada foi avaliado com três condições: temperatura constante a 25°C (25/25 °C) e temperatura alternada entre 20 e 30°C (20/30 °C) e entre 15 e 35°C (15/35 °C), com termoperíodo de 12 horas, e 12 horas diárias de luz, fornecida por lâmpadas fluorescentes de PAR 70  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Foram utilizadas câmaras de germinação de marca LMS® para a alternância térmica, e prateleiras da sala de germinação do Laboratório de Sementes do INPA para temperatura constante a 25 °C. A temperatura variou no máximo de  $\pm 1$  °C em torno do valor determinado. As sementes foram semeadas com tegumento e antes da semeadura, foram imersas sequencialmente em solução de dez gotas de detergente Limpol ®

(20 min), álcool 70% (5 min) e hipoclorito de sódio comercial de concentração 2% Brillux (20 min), com enxágues de água destilada em abundância após cada etapa, conforme descrito em Morpeth e Hall (2000). Na temperatura constante foi também avaliada a germinação após superação manual da dormência mecânica. O tegumento rígido foi removido cuidadosamente com terçado, evitando ferir os polos das sementes.

Baseada na germinação bipolar foram avaliados dois critérios de germinação: a visualização do alongamento do primeiro meristema (radícula ou parte aérea) com comprimento superior de 2 mm, e o segundo quando ambos os meristemas (raiz e parte aérea) foram visíveis. O acompanhamento foi semanal. Foram calculados a germinação final, o tempo inicial e médio (Santana e Ranal 2004) e o Índice de Velocidade de Germinação (IVG; Maguire 1962).

O desenho experimental foi inteiramente casualizado com quatro repetições de 50 sementes por tratamento. Aplicou-se o Teste Estatístico não-paramétrico de Kruskal-Wallis para localizar os tratamentos que diferiram entre si. O software utilizado para as análises estatísticas foi o R (R Development Core Team 2011).

### 3 RESULTADOS

Após a remoção do tegumento, a germinação final foi de 97,5% e de 94,5%, para os critérios de germinação visualização do primeiro meristema (critério 1) e visualização de ambos os meristemas (critério 2), respectivamente. O tempo médio de germinação foi 22,98 dias para o primeiro critério e 41,57 dias para o segundo. Estes valores atestam a alta germinabilidade das sementes no início dos ensaios. O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) para os dois critérios de germinação foi 9,36 e 5,67, respectivamente (Tabela 1).

A germinação das sementes sob temperatura constante em um ano foi de 43%, considerando o critério 1, e 28% considerando o critério 2. A alternância térmica de amplitude 20 °C (15/35 °C) apresentou efeito positivo sobre a germinação final de *Bertholletia*, resultando em 82,5%, considerado o critério 1, e em 73% considerado o critério 2. Já para alternância térmica de amplitude 10 °C, não houve diferença significativa em relação à temperatura constante (Tabela 1). Os valores de tempo médio de germinação sem a remoção do tegumento foram significativamente maiores em relação ao tratamento com remoção, e não diferiram entre si em um ano de avaliação. Já os valores de IVG foram significativamente inferiores ao tratamento com remoção do tegumento, entretanto com diferença significativa entre as amplitudes térmicas, com maior índice com a amplitude 20 °C (Tabela 1).

Tabela 1 – Efeito da temperatura constante 25°C (25/25) e da alternância de temperatura a cada 12 horas entre 20 e 30 °C (20/30) e 15 e 35 °C (15/35), sobre a visualização do primeiro meristema e a visualização de ambos os meristemas de sementes de *Bertholletia excelsa*, em comparação com a semente sem tegumento.

Tratamento	Critério de germinação	Percentual final (%) Média (DP)	Tempo inicial (dias) Média (DP)	Tempo médio (dias) Média (DP)	IVG* Média (DP)
25/25 °C (Sem tegumento)	1° Meristema	<b>97,5</b> (3,8) <b>a</b>	<b>13</b> (2,45) <b>a</b>	<b>22,98</b> (1,72) <b>a</b>	<b>9,36</b> (0,19) <b>a</b>
25/25 °C	1° Meristema	<b>43,0</b> (9,6) <b>c</b>	<b>103</b> (17,00) <b>c</b>	<b>208,90</b> (11,01) <b>b</b>	<b>0,47</b> (0,02) <b>c</b>
20/30 °C	1° Meristema	<b>54,5</b> (16,8) <b>c</b>	<b>107</b> (34,43) <b>c</b>	<b>237,20</b> (27,432) <b>b</b>	<b>0,52</b> (0,05) <b>c</b>
15/35 °C	1° Meristema	<b>82,5</b> (6,6) <b>b</b>	<b>78</b> (3,00) <b>b</b>	<b>185,20</b> (4,78) <b>b</b>	<b>1,06</b> (0,01) <b>b</b>
25/25 °C (Sem tegumento)	2° Meristema	<b>94,5</b> (8,5) <b>a</b>	<b>21</b> (1,00) <b>a</b>	<b>41,57</b> (6,31) <b>a</b>	<b>5,67</b> (0,22) <b>a</b>
25/25 °C	2° Meristema	<b>28,0</b> (9,9) <b>c</b>	<b>173</b> (46,64) <b>c</b>	<b>277,60</b> (20,25) <b>b</b>	<b>0,22</b> (0,02) <b>c</b>
20/30 °C	2° Meristema	<b>26,5</b> (9,6) <b>c</b>	<b>195</b> (51,21) <b>c</b>	<b>290,90</b> (18,49) <b>b</b>	<b>0,19</b> (0,02) <b>c</b>
15/35 °C	2° Meristema	<b>73,0</b> (7,4) <b>b</b>	<b>112</b> (11,59) <b>b</b>	<b>219,60</b> (3,14) <b>b</b>	<b>0,73</b> (0,02) <b>b</b>

\* Índice de Velocidade de Germinação (Maguire 1962)

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças estatísticas verificadas no Teste de Kruskal-Wallis.

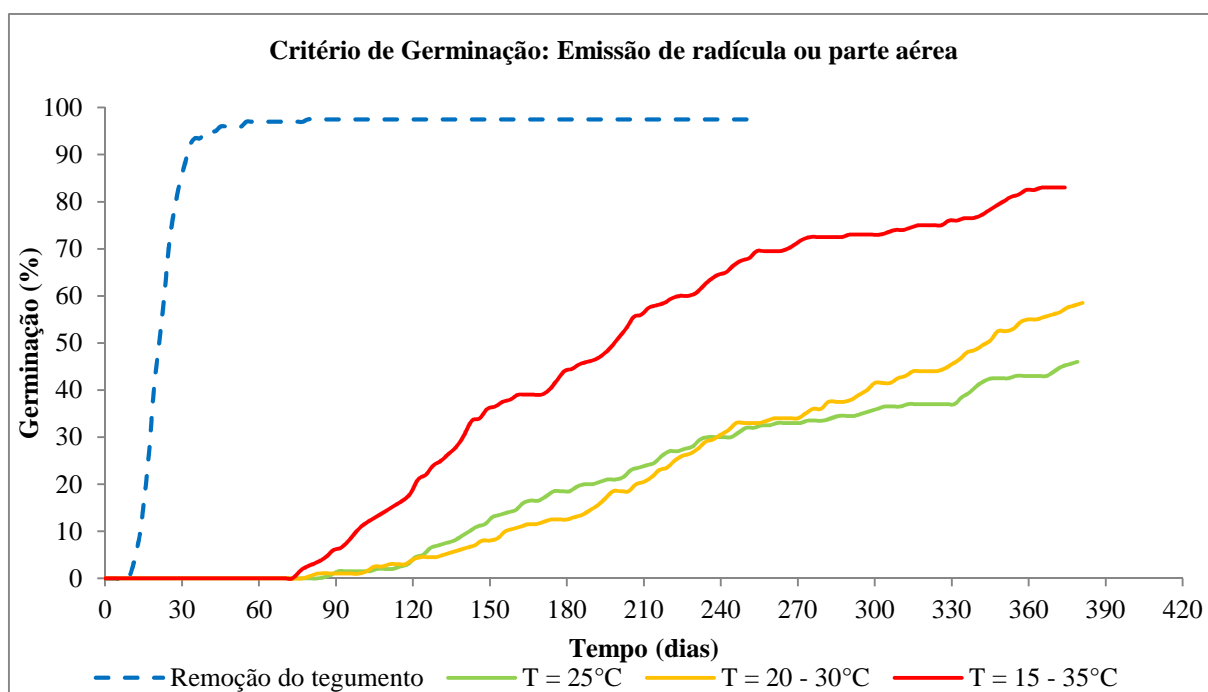


Figura 1 – Curvas de germinação de *Bertholletia excelsa* após quebra de dormência pela remoção do tegumento e em tratamentos sem a remoção sob diferentes condições de temperatura: constante a 25 °C, alternada entre 20 e 30 °C e alternada entre 15 e 35 °C, após desinfecção das sementes conforme descrito em Morpeth e Hall (2000), considerando o critério protrusão da radícula.

Com a remoção do tegumento, a germinação iniciou em 13 dias (protrusão de radícula), tendo os eventos de germinação se concentrado entre 13 e 40 dias contados a partir da semente. A primeira visualização de ambas as estruturas ocorreu 19 dias após a semente, com ocorrências registradas entre 19 e 120 dias. Nos demais tratamentos, a germinação iniciou em 77 d (15/35 °C), 83 d (20/30 °C) e 87 d (25/25 °C), considerando o

critério 1 (Figura 2), e em 95 d (15/35 °C), 138 d (20/30 °C) e 124 d (25/25 °C), considerando o critério 2 (Figura 3). A germinação ainda está em andamento, lenta e desuniforme, em ambos os critérios.

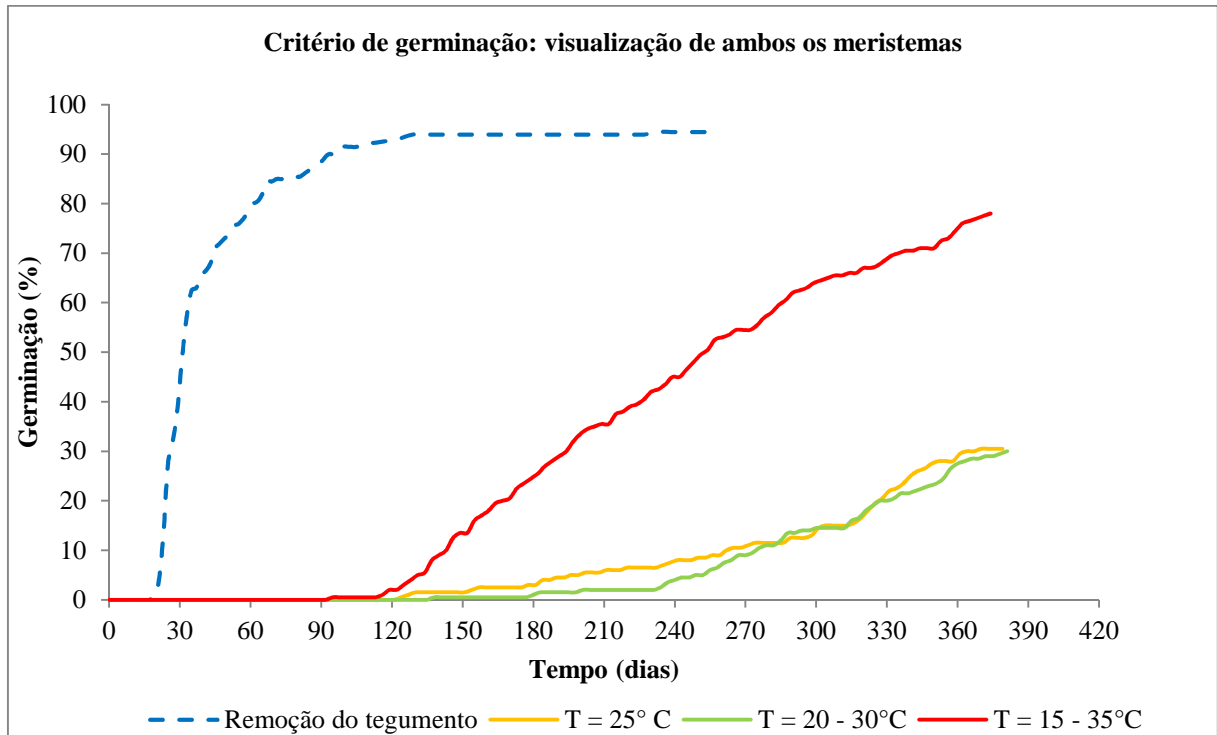


Figura 2 – Curvas de germinação de *Bertholletia excelsa* após quebra de dormência pela remoção do tegumento e em tratamentos sem a remoção sob diferentes condições de temperatura: constante a 25 °C, alternada entre 20 e 30 °C e alternada entre 15 e 35 °C, após desinfecção das sementes conforme descrito em Morpeth e Hall (2000), considerando o critério visualização da parte aérea.

O primeiro meristema a ser visualizado foi a radícula em 97% das sementes germinadas a temperatura constante a 25 °C (25/25 °C), em 96% das sementes a temperatura alternada com amplitude de 10 °C (20/30 °C) e em 84% das sementes a temperatura alternada com amplitude de 20 °C. A diferença entre o tempo médio necessário para a visualização do primeiro meristema e o tempo médio para a visualização de ambos foi de 69 dias a 25/25 °C; 54 dias a 20/30 °C e 35 dias a 15/35 °C.

#### 4 DISCUSSÃO

A dormência exógena de *Bertholletia excelsa* é conhecida (Müller 1981; Frazão *et.al.* 1984; Kainer *et. al* 1999; Oliveira e Ferraz 2010). Sementes sem pré-tratamento apresentaram em condições de viveiro percentuais de germinação de 35,75% (Figueiredo *et al.* 1980), 25% (Müller 1981) e 12,75% (Frazão *et al.* 1984), após 18 meses de avaliação.

A remoção do tegumento realizada nesse estudo para controle da qualidade das sementes foi eficaz para a superação da dormência. Em trabalhos anteriores, foram obtidos após a remoção do tegumento percentuais finais de emergência de 80% (Silva e Rossi 2008); 74,8% (Kainer *et. al* 1999); e 58%, após aplicação do fungicida fenilmercúrico (Müller e Freire 1979). A escarificação química em ácido sulfúrico, ácido fórmico, água oxigenada e acetona não foi suficiente para a superação da dormência (Frazão *et.al.* 1984), da mesma forma que tratamentos físicos como embebição por diversos períodos, estratificação em serragem, choque térmico e aquecimento por uma hora não aceleraram a germinação (Figueiredo *et.al.* 1980).

Mesmo após a remoção do endocarpo, a germinação em *Bertholletia* não foi imediata, pois além da dormência exógena a espécie possui dormência fisiológica (Kainer *et al.* 1999). A dormência fisiológica é definida como um mecanismo do embrião que previne a protrusão da radícula e pode ser reforçada por estruturas que envolvem o embrião (endosperma, tegumento ou paredes de frutos indeiscentes) e ajudam a impedir a germinação (Baskin e Baskin 1998). Pelos resultados obtidos, verificou-se que a dormência exógena foi a que causou o maior retardamento na germinação, uma vez que sem o tegumento a germinação iniciou com apenas 13 dias, e com o tegumento intacto sob temperatura constante de 25 °C, iniciou em 90 dias.

A alternância térmica exerceu efeito positivo sobre a germinação de *Bertholletia*, obtendo-se maior germinação final e maior IVG em um ano com a amplitude térmica de 20°C, bem como uma menor diferença entre o tempo necessário para a protrusão do primeiro meristema em relação ao segundo. A germinação nessas condições pode estar relacionada à necessidade de clareiras na floresta para garantir o estabelecimento das plântulas, evitando a competição por luz com indivíduos adultos (Fenner e Thompson 2005). As características ecológicas da espécie, emergente e heliófila (Scoles 2010), ratificam essa tendência.

A resposta observada pode ter ocorrido tanto em função de um efeito da temperatura sobre a fisiologia do embrião quanto por um enfraquecimento progressivo do tegumento pelas sucessivas dilatações e compressões térmicas. Apesar de acelerar a germinação em *Bertholletia*, a alternância com amplitude de 20 °C ainda manteve um período de cerca de três meses para o início da germinação. Essa situação se deve à complexidade do mecanismo de dormência constituído pela espécie, que pode estar relacionado com a dificuldade de abertura ou decomposição do ouriço na natureza. Enquanto não há abertura, a germinação das sementes é inconveniente do ponto de vista da sobrevivência, pela impossibilidade de transpor a barreira do fruto indeiscente.

O experimento ainda está em andamento. Nos próximos meses de avaliação, se espera que os percentuais de germinação se aproximem progressivamente do experimento

realizado com remoção do tegumento. Assim, é esperado que a germinação final para as três condições térmicas seja próxima e a diferença de velocidade seja perceptível pelos valores de tempo médio de germinação e IVG.

## 5 CONCLUSÃO

A alternância térmica de amplitude de 20 °C (15/35) acelera a germinação de *Bertholletia excelsa*, propiciando um maior percentual em um menor período de tempo. Esta resposta ratifica a melhor adaptação das plântulas a áreas de clareiras, com incidência direta de luz, para seu estabelecimento. Contudo, ainda sob essa condição, o período necessário para a germinação é longo, em função da complexidade do mecanismo de dormência desenvolvido pela espécie.

## 6 AGRADECIMENTOS

Ao coletor de sementes Neguinho, por fornecer as sementes de *Bertholletia excelsa* após removê-las dos ouriços. À Fazenda Aruanã, pela recepção e apoio na remoção do tegumento das sementes para realização do experimento-controle. À Rede CTPetro Amazônia (PETROBRAS e FINEP) e à FAPEAM pelo financiamento dessa pesquisa.

## 7 REFERÊNCIAS

- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 1998. *Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, Academic Press. 666 pp.
- Black, M.; Bewley, J.D.; Halmer, P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds - Science, Technology and Uses*. CABI, Wallingford, Inglaterra. 828 pp.
- Carvalho, J.E.U.; Leão; N.V.M.; Müller, C.H. 1999. Variação no grau de umidade em sementes individuais de castanha-do-brasil, *Bertholletia excelsa* H.B.K. In. Simpósio Silvicultura na Amazônia Ocidental. Belém, Pará.
- Fenner, M.; Thompson, K. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge, Cambridge University Press. 250p.
- Figueiredo, F.J.C.; Müller, C.H.; Müller, A.A.; Frazão, D.A.C.; Pereira, L.A.F. 1980. Tratamentos físicos na germinação de sementes de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa*, 12. 13 p.



Figueiredo, F.J.C.; Carvalho, J.E.U. 1990. Adiantamento da semeadura de sementes de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa*, 112. 18 p.

Figueiredo, F.J.C.; Carvalho, J.E.U. 1994. Avaliação de características recalcitrantes de sementes de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa*, 154. 17 p.

Frazão, D.A.C., Müller, C.H., Figueiredo, F.J.C., Müller, A.A.; Pereira, L.A.F. 1984. Escarificação química na emergência de sementes de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, HBK). *Revista Brasileira de Sementes*, 6: 83-90.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Produção de extração vegetal e da silvicultura. Vol 26. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 53 p.

Kainer, K.A.; Duryea, M.L.; Malavasi, M.M.; Silva, A.R.; Harrison, J. 1999. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. *Forest Ecology and Management*, 116: 207-217.

Maguire, J.D. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.

Morpeth, D. R.; Hall, A. M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* 'Laxa'. *Seed Science Research*, 10: 489-494.

Müller, C.H.; Freire, F.C.O. 1979. Influência de fungicidas na conservação e na germinação de amêndoas de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Comunicado técnico*, 26. 9 p.

Müller, C.H. 1981. Castanha-do-Brasil: estudos agrônômicos . EMBRAPA, Centro Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido, Belém, Brasil. Documentos, 1: 1-25.

Oliveira, M. C.; Ferraz, I. 2003. *A longevidade e a perda de dormência de diásporos de espécies florestais tropicais em áreas com diferentes graus de alteração*. Tese de doutorado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, (<http://www.R-project.org/>).

Santana, D.G.; Ranal, M.A. 2004. *Análise estatística na germinação: um enfoque estatístico*. Brasília: UnB, 2004. 248p.

Scoles, R. 2010. Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia Brasileira. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.

Silva, E.M.S; Rossi, A.P.B. 2008. Germinação de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bompl.). *Anais da I Jornada Científica da UNEMAT*. Disponível em <[http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos\\_conic/Expandido\\_00617.pdf](http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00617.pdf)>. Acesso em 01/06/2013.

#### 4 CONCLUSÕES

- Com base nos resultados obtidos, não é possível concluir de forma generalista sobre o fator mais importante para a quebra de cada tipo de dormência exógena, pois as espécies que possuem dormência física ou mecânica responderam de forma distinta entre si aos fatores temperatura e microrganismos;
- As simplificações realizadas na montagem dos experimentos em laboratório isolaram os fatores temperatura e microrganismos, mantendo artificialmente constantes outras condições que podem interferir na quebra de dormência. A umidade do substrato foi controlada, evitando o estresse hídrico que geralmente acompanha a alternância térmica no ambiente natural. Da mesma forma, a incidência de luz artificial foi semelhante para todas as condições térmicas e concentrações de microrganismos, o que não reproduz as condições naturais;
- As características ecológicas de cada espécie, bem como suas adaptações a diferentes graus de conservação florestal, parecem ser mais importantes do que o tipo de dormência que as sementes possuem;
- A aplicação do procedimento de desinfecção e a alternância de temperatura de amplitude 20 °C podem ser recomendadas como métodos de quebra de dormência de sementes de *Ochroma pyramidale*, com aplicações práticas na área de avaliação de qualidade;
- A ação de microrganismos foi um fator de maior importância para a germinação de *Minuartia guianensis* do que a alternância de temperatura;
- A alternância de temperatura com amplitude de 20 °C acelerou a germinação de *Bertholletia excelsa*, contudo sem tornar o período necessário para a germinação inferior a três meses. Assim, não superou completamente o complexo mecanismo de dormência desenvolvido pela espécie.

## 5 REFERÊNCIAS

- Anhemi. 2010. Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos – Água Sanitária Qboa. 1: 1-6. (<http://www.qboa.com.br/portugues/pdfs/Fis00001-Fispq-Agua-Sanitaria-Qboa.pdf>). Acesso em 19/06/2013.
- Anjos, A.M.G.; Ferraz, I.D.K. 1999. Morfologia, germinação e teor de água das sementes de araquá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). *Acta Amazonica*, 29: 337-348.
- Aud, F.F.; Ferraz, I.D.K. 2011. Seed size influence on germination responses to light and temperature of seven pioneer tree species from the Central Amazon. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84: 759-766.
- Azevedo, G.F.C.; Marengo, R.A. 2012. Growth and physiological changes in saplings of *Minuartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* during acclimation to full sunlight. *Photosynthetica*, 50: 86-94.
- Azevedo, I.M.G.; Alencar, R.M.; Barbosa, A.P.; Almeida, N.O. 2010. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl.) em viveiro. *Acta Amazônica*, 40: 157-164.
- Barbosa, A.P.; Sampaio, P. de T.B.; Campos, M.A.A.; Varela, V.P.; Gonçalves, C.Q.B.; Iida, S. 2004. Tecnologia alternativa para a quebra de dormência das sementes de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* Sw., Bombacaceae). *Acta Amazonica*, 34: 7-10.
- Baskin, C. C.; Baskin, J. M. 1998. *Seeds - Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. San Diego, Academic Press. 666 pp.
- Baskin, J.M.; Baskin, C.C. 2000. Evolutionary considerations of claims for physical dormancy-break by microbial action and abrasion by soil particles. *Seed science research*, 10: 409-413.
- Black, M.; Bewley, J.D.; Halmer, P. 2006. *The Encyclopedia of Seeds - Science, Technology and Uses*. CABI, Wallingford, Inglaterra. 828 pp.
- Camargo, J.L.C. 2004. *Alterações na dinâmica e demografia de árvores tropicais após fragmentação florestal na Amazônia Central*. Tese de doutorado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- Camargo, J.L.C.; Ferraz, I.D.K. 2005. Acariquara-roxa – *Minuartia guianensis* (Aubl.) Urban. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 10. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.
- Camargo, J.L.C.; Ferraz, I.D.K.; Mesquita, M.R.; Santos, B.A.; Brum, H.D. 2008. *Guia de Propágulos e Plântulas da Amazônia. Vol 1*. Manaus; INPA. 168p.

Campos, M.A.A; Uchida, T. 2002. Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37: 281-288.

Carvalho, J.E.U.; Leão; N.V.M.; Müller, C.H. 1999. Variação no grau de umidade em sementes individuais de castanha-do-brasil, *Bertholletia excelsa* H.B.K. In. Simpósio Silvicultura na Amazônia Ocidental. Belém, Pará.

Carvalho, J.E.U.; Nascimento, W.M. 2008. Caracterização dos pirênios e métodos para acelerar a germinação de sementes de muruci do clone Açú. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30: 775-781.

Carvalho, J.E.U.; Nascimento, W.M., Müller, C.H. 2006. *Propagação do murucizeiro*. Embrapa Amazônia Ocidental, Belém, Pará. 27 pp.

Castro, Y; Fetcher, N. 1995. Chronic photoinhibition in seedlings of tropical trees. *Physiologia-Plantarum*, 94: 560-565.

Cruz, E.D.; Queiroz, R.J.B.; Carvalho, J.E.U. 2009. Methods for overcoming dormancy in *Dinizia excelsa* Ducke seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, 31: 152-159.

Dalling, J.W.; Lovelock, C.E.; Hubbell, S.P. 1999. Growth responses of seedlings of two neotropical pioneer species to simulated forest gap environments. *Journal of Tropical Ecology*, 15: 827-839.

Farias, G.S. 2010. *Estrutura genética de populações e filogeografia da acariquara (Minquartia guianensis Aubl., Olacaceae)*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 84 p.

Fenner, M.; Thompson, K. 2005. *The Ecology of Seeds*. Cambridge, Cambridge University Press. 250p.

Ferraz, I.D.K.; Calvi, G.P. 2011. *Teste de germinação*. In: Lima Júnior, M.J.V. (Ed.). Manual de procedimentos de análise de sementes florestais. Londrina: Abrates, 2011. p. 5.1-5.36.

Ferreira, S.A.; Gentil, D.F. 2006. Extração, embebição e germinação de sementes de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*). *Acta Amazônica*, 36: 141-146.

Ferreira, S.J.F.; Luizão, F.J.; Mello-Ivo, W.; Ross, S.M; Biot, Y. 2002. Propriedades físicas do solo após extração seletiva de madeira na Amazônia Central. *Acta Amazônica*, 32: 449-466.

Figueiredo, F.J.C.; Carvalho, J.E.U. 1994. Avaliação de características recalcitrantes de sementes de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa*, 154. 17 p.

Figueiredo, F.J.C.; Müller, C.H.; Müller, A.A.; Frazão, D.A.C.; Pereira, L.A.F. 1980. Tratamentos físicos na germinação de sementes de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Boletim de pesquisa*, 12. 13 p.

- Flores, E.M. 2002. *Minquartia guianensis* Aubl.: Olacaceae (Olax family). In Vozzo, J.A. (ed.). Tropical Tree Seed Manual. 575-578 pp.
- Frazão, D.A.C., Müller, C.H., Figueiredo, F.J.C., Müller, A.A.; Pereira, L.A.F. 1984. Escarificação química na emergência de sementes de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, HBK). *Revista Brasileira de Sementes*, 6: 83-90.
- Gazel Filho, A.B.; Lima, J.A.S.; Kantén, R.F.V.; Araya, R.S. 2000. Efeito de datas de semeio e de métodos de conservação sobre a germinação de sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* McVaugh). *Boletim de Pesquisa EMBRAPA*, 38: 1-17.
- Gentil, D.F.O; Ferreira, S.A. 1999. Viabilidade e superação da dormência em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata* ssp. *sororia*). *Acta Amazonica*, Manaus, 29: 21-31.
- Gouveia, D.; Soares, M.; Silva, W.D.; Mazzei, L.; Ruschel, A. 2011. Avaliação do crescimento de espécies florestais por grupo ecológico em áreas exploradas na Flona do Tapajós. In. *Anais do Encontro Amazônico de Agrárias*, 3: 1-5
- Hill, A.W. 1933. The methods of germination of seeds enclosed in a stony endocarp. *Annals of Botany (old series)*, 47: 873-887.
- Hill, A.W. 1937. The method of germination of seeds enclosed in a stony endocarp II. *Annals of Botany*, 1: 239-256.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Produção de extração vegetal e da silvicultura. Vol 26. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 53 p.
- Kainer, K.A.; Duryea, M.L.; Malavasi, M.M.; Silva, A.R.; Harrison, J. 1999. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. *Forest Ecology and Management*, 116: 207-217.
- Kazaz, S.; Erbas, S; Baydar, H. 2010. Breaking seed dormancy in oil rose (*Rosa damascena* Mill.) by microbial inoculation. *African Journal of Biotechnology*, 9: 6503-6508.
- Leão, N.V.; Freitas, A.D.; Carrera, R.H. 2008. Pau-de-balsa – *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lamb.) Urban. *Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia*, 19. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.
- Maguire, J.D. 1962. Speeds of germination-aid selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Marcos Filho, T. 2005. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. FEALQ, Piracicaba, São Paulo. 495pp.

Martins Netto, D.A. 1994. Germinação de sementes de pau-de-balsa (*Ochroma pyramidale* (Cav. ex. Urb) – Bombacaceae. *Revista Brasileira de Sementes*, 16: 159-162.

Mendes, A.M.S, Mendonça, M.S. 2012. Tratamentos Pré-germinativos em sementes de araçá-boi (*Eugenia stipitata*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34: 921-929.

Moreira, A.; Malavolta, E. 2004. Dinâmica da matéria orgânica e da biomassa microbiana em solo submetido a diferentes sistemas de manejo na Amazônia Ocidental. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39: 1103-1110.

Morpeth, D.R.; Hall, A.M. 2000. Microbial enhancement of seed germination in *Rosa corymbifera* 'Laxa'. *Seed Science Research*, 10: 489-494.

Müller, C.H. 1981. Castanha-do-Brasil: estudos agronômicos . EMBRAPA, Centro Pesquisas Agropecuárias do Trópico Úmido, Belém, Brasil. Documentos, 1: 1-25.

Müller, C.H.; Freire, F.C.O. 1979. Influência de fungicidas na conservação e na germinação de amêndoas de castanha-do-brasil. *EMBRAPA-CPATU. Comunicado técnico*, 26. 9 p.

Murakami, D.M.; Bizardo, N.; Vieira, R.D. 2011. Quebra de dormência de semente de murici. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33: 1257-1265.

Nazário, P.; Ferreira, S.A. 2006. *Tratamentos pré-germinativos visando minimizar a dormência em sementes de tucumã (Astrocaryum aculeatum G. MEY.)*. Dissertação de Mestrado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

Nebel, G. 2001. *Minquartia guianensis* Aubl.: use, ecology, and management in forestry and agroforestry. *Forest Ecology and Management*, 150: 115-124.

Oliveira, M. C.; Ferraz, I. 2003. *A longevidade e a perda de dormência de diásporos de espécies florestais tropicais em áreas com diferentes graus de alteração*. Tese de doutorado (Biologia Tropical e Recursos Naturais). Convênio Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.

Paulsen, T.R.; Colville, L.; Kranner, I.; Daws, M.I.; Högestedt, G.; Vandvik, V.; Thompson, K. 2013. Physical dormancy in seeds: a game of hide and seek? *New phytologist*, 198: 496-503.

Pearson, T.H.R; Burslem, D.F.R.P.; Mullins, C.E.; Dalling, J.W. 2002. Germination Ecology of neotropical pioneers: Interacting effects of environmental conditions and seed size. *Ecology* 83: 2798-2807.

Pritchard HW, Daws MI, Fletcher BJ, Gaméné CS, Msanga HP, Omondi W. 2004. Ecological correlates of seed desiccation tolerance in tropical African dryland trees. *American Journal of Botany*, 91: 863–870.

Piechowski, D. 2007. Reproductive ecology, seedling performance, and population structure of *Parkia pendula* in an Atlantic Forest Fragment in Northeastern Brazil. Dissertation. Institute of Systematic Botany and Ecology, Ulm University.

Pinedo, G.J.V.; Ferraz, I.D.K. 2008. Hidrocondicionamento de *Parkia pendula* [Bent ex Walp]: semente com dormência física de árvore da Amazônia. *Revista Árvore*, 32: 39-49.

R Development Core Team (2011). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, (<http://www.R-project.org/>).

Ramos, M.B.P.; Ferraz, I.D.K. 2008. Estudos morfológicos de frutos, sementes e plântulas de *Enterolobium schomburgkii* Benth. (Leguminosae-Mimosoideae). *Revista Brasileira de Botânica*, 31: 227-235.

Ramos, M.B.P.; Varela, V.P.; Melo, M.F.F. 2006. Influência da temperatura e da quantidade de água no substrato sobre a germinação de sementes de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) (pau-de-balsa). *Acta Amazônica*, 36: 103-106.

Riley Balsawood Surfboards. 2013. Applications for balsa wood. Disponível em <[http://www.balsasurfboardsriley.com.au/Balsa\\_applications.html](http://www.balsasurfboardsriley.com.au/Balsa_applications.html)>. Acesso em 30/06/2013.

Rosseto, J.; Figueiredo e Albuquerque, M.C.; Rondon Neto, R.M.; Silva, C.O. 2009. Germinação de sementes de *Parkia pendula* (Willd) Benth. ex Walp. (fabaceae) em diferentes temperaturas. *Revista Árvore*, 33: 47-55.

Salazar, R.; Soihet, C; Méndez, J.M. 1998. *Ochroma lagopus* SW - *Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales - CATIE – Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza*, 46: 1-2

Sandi, C.; Flores, E.M. 2002. *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. In. Vozzo, J.A. *Tropical Tree Seed Manual*, p.586-587.

Santana, D.G.; Ranal, M.A. 2004. *Análise estatística na germinação: um enfoque estatístico*. Brasília: UnB, 2004. 248p.

Scoles, R. 2010. Ecologia e extrativismo da castanheira (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia Brasileira. Tese de Doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas.




Silva, E.M.S; Rossi, A.P.B. 2008. Germinação de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bompl.). *Anais da I Jornada Científica da UNEMAT*. Disponível em <[http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos\\_conic/Expandido\\_00617.pdf](http://www.unemat.br/eventos/jornada2008/resumos_conic/Expandido_00617.pdf)>. Acesso em 01/06/2013.

- Souza, A.C.B.; Lima Jr. D.P.; Schüssler, G.; Cardoso, V.T.; Almeida, W.R. 2005. Estabelecimento de plântulas de *Minquartia guianensis* (Olacaceae) em uma área submetida ao corte seletivo na Amazônia Central. *Livro do Curso Ecologia da Floresta Amazônica*.
- Souza, S.G.A.; Varela, V.P. 1989. Tratamentos pré-germinativos em sementes de faveira-orelha-de-macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth.). *Acta Amazonica*, 19: 19-26.
- Varela, V.P.; Ferraz, I.D.K. 1991. Germinação de sementes de pau-de-balsa. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 26: 1685-1689.
- Vazquez-Yanes, C. 1974. Estudios on the germination of seeds of *Ochroma lagopus*. Startz. *Turrialba*, 24: 176-179.
- Vazquez-Yanes, C. 1975. The use of a thermogradient bar in the study of seed germination in *Ochroma lagopus* SW.. *Turrialba*, 23: 176-179.
- Vazquez-Yanes, C.; Pérez-García, B. 1976. Notas sobre la morfología y la anatomía de la testa de las semillas de *Ochroma lagopus* SW. *Turrialba*, 26: 310-311.
- Zaidan, L.B.; Barbedo, C.J. 2004. Quebra de dormência em sementes, p. 135-146. In: Ferreira, A. G.; Borghetti, F. *Germinação - Do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 324 pp.
- Zapata, F. 2000. *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. – Balso. *Serie – Especies Florestales*, 1: 1-11.



**ANEXOS**

## Anexo 1 – Ata da Aula de Qualificação

## AULA DE QUALIFICAÇÃO

### PARECER

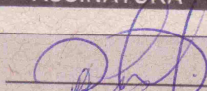
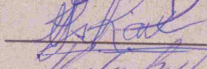
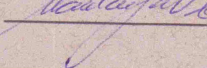
Aluno(a): PATRICIA BIANCO KNOPKI  
 Curso: ECOLOGIA  
 Nível: MESTRADO  
 Orientador(a): ISOLDE DOROTHEA KOSSMANN FERRAZ  
 Co-orientador(a): LUIS ANTONIO DE OLIVEIRA

**Título:**

“Ação de microorganismos do solo e de alternância da temperatura na quebra da dormência exógena de sementes florestais de quatro espécies amazônicas”

**BANCA JULGADORA:**

<b>TITULARES:</b>		<b>SUPLENTES:</b>
Niwton Leal Filho (INPA)		José Luis C Camargo (INPA)
Noemia K Ishikawa (INPA)		Sidney A N Ferreira (INPA)
Manuel Lima Jr (UFAM)		

	PARECER	ASSINATURA
Niwton Leal Filho (INPA)	(X) Aprovado ( ) Reprovado	
Noemia K Ishikawa (INPA)	(X) Aprovado ( ) Reprovado	
Manuel Lima Jr (UFAM)	(X) Aprovado ( ) Reprovado	
José Luis C Camargo (INPA/PDBFF)	( ) Aprovado ( ) Reprovado	_____
Sidney A N Ferreira (INPA)	( ) Aprovado ( ) Reprovado	_____

Manaus(AM), 28 de março de 2012

OBS: A BANCA CONSIDEROU A ALUNA APTA A DESENVOLVER  
O TRABALHO A QUE SE PROPÓS E ACONSELHA  
A CONSIDERAR AS SUGESTÕES.

---

**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA INPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA PPG-ECO**  
 Av. Efigênio Sales, 2239 – Bairro: Aleixo – Caixa Postal: 478 – CEP: 69.011-970, Manaus/AM.  
 Fone: (+55) 92 3643-1909 Fax: (+55) 92 3643-1909  
 site: <http://pg.inpa.gov.br> e-mail: [pgecologia@gmail.com](mailto:pgecologia@gmail.com)

## Anexo 2 – Ata da Defesa



### ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA.

Aos 20 dias do mês de agosto do ano de 2013, às 14:00 horas, na sala de aula do Programa de Pós graduação em Ciências de Florestas Tropicais – PPG CFT /INPA, reuniu-se a Comissão Examinadora de Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: o(a) Prof(a). Dr(a). **Niwtton Leal Filho**, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, o(a) Prof(a). Dr(a). **Wanderley Lima**, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e o(a) Prof(a). Dr(a). **Yeda Maria Boaventura Correa Arruda**, da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, tendo como suplentes o(a) Prof(a). Dr(a). Lucinda Carneiro Garcia, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa e o(a) Prof(a). Dr(a). José Luis Campana Camargo, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, sob a presidência do(a) primeiro(a), a fim de proceder a arguição pública do trabalho de **DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de PATRICIA BIANCO KNOPKI**, intitulado "Ação de microrganismos e da alternância de temperatura na quebra de dormência exógena de sementes florestais amazônicas", orientado pelo(a) Prof(a). Dr(a). Isolde Dorothea Kossmann Ferraz, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Após a exposição, o(a) discente foi arguido(a) oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final:

- APROVADO(A)                       REPROVADO(A)  
 POR UNANIMIDADE                       POR MAIORIA

Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof(a).Dr(a). Niwtton Leal Filho

Prof(a).Dr(a). Wanderley Lima

Prof(a).Dr(a). Yeda Maria B. Correa Arruda

Coordenação PPG-ECO/INPA