



WILSON VICENTE SOUZA PEREIRA

**TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM
SEMENTES DE *Copaifera langsdorffii* E *Tapirira
obtusa***

LAVRAS – MG

2011

WILSON VICENTE SOUZA PEREIRA

**TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE *Copaifera*
langsdorffii E *Tapirira obtusa***

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

ORIENTADOR

Dr. JOSÉ MÁRCIO ROCHA FARIA

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Pereira, Wilson Vicente Souza.

Tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii*
e *Tapirira obtusa* / Wilson Vicente Souza Pereira. – Lavras : UFLA,
2011.

68 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: José Márcio Rocha Faria.

Bibliografia.

1. Copaíba. 2. Tapirira. 3. Influência ambiental. 4. Integridade
celular. 5. Sensibilidade à dessecação. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD – 634.973

WILSON VICENTE SOUZA PEREIRA

**TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE *Copaifera*
langsdorffii E *Tapirira obtusa***

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

APROVADA em 25 de fevereiro de 2011

Dr. Jessé Marques da Silva Júnior UFLA

Dra. Letícia Renata de Carvalho UFMG

Dr. José Márcio Rocha Faria
Orientador

LAVRAS – MG

2011

Ao meu pai, *Antônio Wilson Pereira* e à memória de meu avô, *Vicente Pereira Lima*, dois grandes homens de quem orgulho herdar o sangue e o nome...

DEDICO

À minha mãe *Maria da Glória*, o meu porto seguro...

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me trouxe até aqui...

Aos meus pais, Antônio Wilson e Maria da Glória, sem os quais eu não teria ido tão longe.

Aos meus irmãos, Wille, Daniela e Hudson, pelo apoio.

Ao professor José Márcio Faria, pela orientação, paciência, o *muito* bom humor, o conhecimento (*científico e cultural*) compartilhados e acima de tudo, pela amizade.

Ao Fernando Guedes, por ser o primeiro amigo com quem pude contar em Lavras.

À amiga Olivia Tonetti, minha “co-orientadora extraoficial” pela paciência, amizade e ensinamentos, caronas, brincadeiras.

À parceria, carinho, apoio, mas, sobretudo à grande amizade da Ana Carla, que sempre estava presente, mesmo que fosse apenas para uma conversa à toa ou para ouvir minhas “palas”...

Aos amigos da “República: A Mais Tosca”; Pedro, Ricardo e Samuel, por toda a convivência, conversas, diversidade musical (*viola inclusa*) e principalmente pela amizade.

Aos conselhos, apoio, ajuda, paciência e “puxões de orelha” da minha grande amiga Tatiana Arantes a quem quase “*matei de vergonha*” (muitas vezes).

À inesquecível Janice que além de todo apoio e amizade, mostrou a mim como viver a vida sem estressar e aproveitando cada segundo (*só falta eu por em prática*).

Ao grande amigo Joeferson, com toda a sua ajuda, amizade, brincadeiras e que se tornou um grande amigo mesmo sabendo que eu não paro quieto.

Ao meu amigo Lucas, vulgo “Amaralzinho” que sempre estava pronto pra ajudar e principalmente, presente quando eu falava algo que não devia.

Ao amigo Antônio, pela amizade e hambúrguer que eu esqueci de pagar.

À Lorena, vulgo “*Loló*”, pelo carinho, apoio e pela excepcional amizade.

Aos professores; Amaral, Anderson e Cláudio, pelo apoio e amizade.

À amizade e apoio dos amigos Alan, Cecília, Cris, Jessé, Jéssica, Nathia, Natália, Cinara e os demais colegas do LSF os quais eu possa ter esquecido, que estavam sempre prontos, nem que fosse para um *happy hour* ou para os papos produtivos da hora do café ou da sexta-feira à tarde.

Ao “Zé Carlos”, por ter me ajudado nas coletas de sementes.

Aos amigos do Laboratório de Conservação Genética de Espécies Arbóreas da UFPA, pelo apoio e equipamentos cedidos.

À Eloisa e demais colegas do Laboratório de Microscopia Eletrônica da UFPA, por todo apoio e amizade.

Aos colegas do Laboratório Central de Biologia Molecular da UFLA, pelo apoio e equipamentos cedidos.

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade que me deram.

Por fim, mas não menos importante, agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) que mais uma vez esteve presente apoiando financeiramente a minha formação acadêmica.

*Filhos de Inestimável pai e bem-aventurada mãe...
Pais que com seu todo o seu suor e lágrimas lutaram
E guiaram os filhos, para que o seu maior sonho se realizasse:
Do mais profundo vale partir,
Pelo mais íngreme dos caminhos atravessar,
E o topo da mais alta montanha conquistar...
(Wilson Vicente Souza Pereira)*

RESUMO

O conhecimento dos mecanismos de tolerância à dessecação é uma importante ferramenta para se determinar meios para a conservação de sementes. As condições ambientais sob as quais a planta cresce influencia diversas características não só desta, mas também das sementes produzidas, como, a tolerância à dessecação. Considerando isso, determinar a variação da tolerância/sensibilidade à dessecação em função do ambiente maternal pode contribuir para a elucidação dos mecanismos envolvidos. Dessa forma, os objetivos desta pesquisa foram: 1) avaliar a perda da tolerância à dessecação em sementes de copaíba (*Copaifera langsdorffii*) em processo germinativo e 2) avaliarem a sensibilidade à secagem em sementes de tapirira (*Tapirira obtusa*) provenientes de diferentes ambientes e submetidas a duas velocidades de secagem. Sementes de copaíba com diferentes tempos de embebição foram submetidas à secagem até o grau de umidade inicial, sendo em seguida submetidas à pré-umidificação e reidratação, sendo avaliada a tolerância à dessecação através do percentual de plântulas normais. As sementes apresentaram perda da tolerância à dessecação ainda no início do processo de embebição (fase 1), sendo observada perda da integridade celular. Sementes de tapirira provenientes do Campo Rupestre, Cerrado e mata ciliar foram secas nas umidades de 40, 30, 20 e 10% em duas velocidades de secagem diferentes. Foi avaliada a tolerância à dessecação em função de cada ambiente de ocorrência da espécie. Sementes provenientes da mata ciliar e do Campo Rupestre apresentaram tolerância à dessecação, independente de sua velocidade, ao contrário das provenientes do Cerrado, que não toleraram a secagem rápida.

Palavras-Chave: Copaíba, tapirira, sensibilidade à dessecação, influência ambiental, integridade celular.

ABSTRACT

The knowledge of the desiccation tolerance mechanisms is important to determinate the means for seed conservation. The environmental conditions under which the plant grows influences many features not only of the plant, but also of its seeds, such as the desiccation tolerance. Considering this, determinating the variation of the desiccation tolerance due to the parental environment can contribute to the elucidation of the mechanisms related to desiccation tolerance. Thus, the aims of this research were: 1) to evaluate the loss of desiccation tolerance in seeds of *Copaifera langsdorffii* during germination and 2) to evaluate the desiccation sensitivity in seeds of *Tapirira obtusa* from different environments and submitted to two drying speeds. *C. langsdorffii* seeds after different imbibition times were dried down to their initial moisture content and then pre-humidified and rehydrated in order to assess desiccation tolerance through formation of normal seedlings. The beginning of the loss of desiccation tolerance happened as early as the phase I of the imbibition process being observed loss of the cell integrity. *T. obtusa* seeds from Rupestrian Fields, Savannah and riparian forests was dried down to 40, 30, 20 and 10% of moisture content through two drying speeds. Seeds from the riparian forests and Rupestrian Fields behaved as desiccation tolerant, independent of the drying speed, while those from Savannah were sensitive to fast drying.

Key-words: Copaiba, Tapirira, desiccation sensitivity, environmental influence, cell integrity.

LISTA DE FIGURAS

		pág.
	Artigo 1	
Figura 1	Fórmula utilizada como base para cálculo do peso alvo das sementes.....	23
Figura 2	Curvas de embebição de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i> em função de tratamentos de superação de dormência.....	26
Figura 3	Efeito de tratamentos de superação de dormência sobre a germinação e índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	27
Figura 4	Efeito de concentrações de hipoclorito de sódio sobre germinação e deterioração e Índice de Velocidade de Germinação de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	28
Figura 5	Perda da tolerância à dessecação em sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i> expressas pelo percentual de Germinação e formação de plântulas normais ao longo do processo de embebição.....	30
Figura 6	Eletromicrografias de varredura de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i> ao longo do processo de embebição.....	31
Figura 7	Eletromicrografias de varredura de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	32
Figura 8	Eletromicrografias de varredura de sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i>	33
	Artigo 2	
Figura 1	Fórmula utilizada para acompanhamento da secagem das sementes de <i>Tapirira obtusa</i>	47
Figura 2	Curvas de secagem de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> submetidas à secagem lenta.....	49
Figura 3	Curvas de secagem de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> submetidas à secagem rápida.....	49
Figura 4	Germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes do Campo Rupestre, submetidas a duas velocidades de secagem.....	50
Figura 5	Germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes do Cerrado, submetidas a duas velocidades de secagem.....	51
Figura 6	Germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes da mata ciliar, submetidas a duas velocidades de secagem....	52

Figura 7	Índice de Velocidade de Germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes do Campo Rupestre, submetidas a duas velocidades de secagem.....	54
Figura 8	Índice de Velocidade de Germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes do Cerrado, submetidas a duas velocidades de secagem.....	55
Figura 9	Índice de Velocidade de Germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes da mata ciliar, submetidas a duas velocidades de secagem.....	56
Figura 10	Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes do Campo Rupestre, submetidas a duas velocidades de secagem.....	58
Figura 11	Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes do Cerrado, submetidas a duas velocidades de secagem.....	59
Figura 12	Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes da mata ciliar, submetidas a duas velocidades de secagem.....	60

LISTA DE TABELAS

		pág.
	Artigo 1	
Tabela 1	Perda da tolerância à dessecação em sementes de <i>Copaifera langsdorffii</i> em processo germinativo.....	29
	Artigo 2	
Tabela 1	Graus de umidade (% , base úmida) alcançados durante a secagem de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes de diferentes ambientes.....	48
Tabela 2	Percentuais de germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> oriundas de três ambientes e submetidas à secagem lenta.....	53
Tabela 3	Percentuais de germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> oriundas de três ambientes e submetidas à secagem rápida.....	53
Tabela 4	Índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes de três ambientes e submetidas à secagem lenta.....	57
Tabela 5	Índice de velocidade de germinação de sementes de <i>Tapirira obtusa</i> provenientes de três ambientes e submetidas à secagem rápida.....	57
Tabela 6	Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes oriundas de três ambientes e submetidas à secagem lenta.....	61
Tabela 7	Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes oriundas de três ambientes e submetidas à secagem rápida.....	61

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE - INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	2
3	CONSIDERAÇÕES GERAIS	9
	REFERÊNCIAS.....	10
	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....	17
	ARTIGO 1 – PERDA DA TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE <i>Copaifera langsdorffii</i> DESF. DURANTE A GERMINAÇÃO.	17
1	INTRODUÇÃO.....	18
2	MATERIAL E MÉTODOS	21
3	RESULTADOS	26
4	DISCUSSÃO.....	34
5	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38
	ARTIGO 2 – TOLERÂNCIA À DESSECAÇÃO EM SEMENTES DE <i>Tapirira obtusa</i> PROCEDENTES DE DIFERENTES AMBIENTES.....	43
1	INTRODUÇÃO.....	44
2	MATERIAL E MÉTODOS	46
3	RESULTADOS	48
4	DISCUSSÃO.....	62
5	CONCLUSÕES.....	64
	REFERÊNCIAS.....	65

PRIMEIRA PARTE - Introdução Geral

1 Introdução

O termo tolerância à dessecação pode ser definido como a capacidade de um organismo tolerar a secagem e reativar o seu metabolismo normalmente após a reidratação (ALPERT, 2000; BARTELS, 2005; PROCTOR; PENCE, 2002). Em espécies vegetais, essa capacidade é mais comum em grãos de pólen, sementes e esporos, ocorrendo raramente em indivíduos adultos (ALPERT, 2000). Quanto à capacidade de tolerarem a secagem e o armazenamento, as sementes podem ser classificadas em três grupos: ortodoxas (tolerantes), recalcitrantes (sensíveis) e intermediárias (ROBERTS, 1973; ELLIS et al, 1990).

Estudos com sementes recalcitrantes são difíceis de serem conduzidos, dada a dificuldade de armazenamento e curto tempo de disponibilidade de sementes frescas ao longo do ano. O uso de espécies modelo em estudos com o objetivo de elucidar a sensibilidade à dessecação é útil e importante para o estabelecimento de estratégias para a conservação de sementes, visto que grande número de espécies vegetais de interesse apresenta sementes com algum grau de sensibilidade à dessecação. Dessa forma, dado ao fato de que sementes ortodoxas apresentam comportamento recalcitrante em determinadas etapas de seu desenvolvimento, Sun (1999) propôs o uso destas em pesquisas visando compreender a tolerância à dessecação.

Diversas características, não só da planta mãe, mas também da semente são influenciadas pelo ambiente maternal. Em sementes, é possível observar influência não só em características físicas, mas também fisiológicas (WEINER et al, 1997; WULFF, 1986). Considerando isso, o conhecimento dos efeitos do ambiente maternal sobre a tolerância à dessecação pode ajudar na compreensão dos mecanismos desta.

Dessa forma, o presente trabalho foi realizado objetivando avaliar a tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* e de *Tapirira obtusa*.

2 Referencial Teórico

2.1 Tolerância à dessecação

O termo tolerância à dessecação apresenta várias definições. Em geral, pode ser definido como a capacidade de um organismo em passar por uma condição de secagem rigorosa, estando o mesmo apto a reativar seu metabolismo normal após a reidratação (ALPERT, 2000; BARTELS, 2005; MARCOS FILHO, 2005; PROCTOR; PENCE, 2002). No caso de sementes, Golovina et al (2001) definem o termo como a capacidade de germinar após a secagem.

Sementes capazes de tolerar a secagem são classificadas como ortodoxas, sendo assim é possível realizar o armazenamento por períodos longos e em condições de baixa umidade mantendo a germinabilidade (ROBERTS, 1973). Sementes recalcitrantes, entretanto, são aquelas que não toleram a secagem, sendo dispersas com alto teor de água e devem germinar imediatamente após isso, visto que não permanecem viáveis por longos períodos (ROBERTS, 1973), sendo então difíceis de armazenar. Sementes intermediárias são aquelas que toleram secagem moderada e permanecem viáveis por períodos superiores ao das recalcitrantes, mas inferiores ao das ortodoxas (ELLIS et al, 1990).

Um número considerável espécies de plantas vasculares são tolerantes à dessecação, sendo essa característica mais comum em monocotiledôneas. Além disso, a tolerância à dessecação pode ocorrer de formas diferentes em populações, gêneros e famílias. Com relação ao ambiente, as plantas tolerantes encontram-se largamente distribuídas, ocorrendo principalmente em habitats em

que ocasionalmente ocorrem baixos níveis de disponibilidade hídrica (ALPERT, 2000).

O momento da perda da tolerância à dessecação em uma semente ortodoxa em processo germinativo varia muito em função da espécie, podendo ser antes, depois ou durante a protrusão radicular (BARBEDO et al, 2002; CORBINEAU et al, 2004; LEPRINCE et al, 1994). Em geral, sementes ortodoxas toleram a secagem durante o processo de germinação, sendo possível a perda de água pela semente durante as fases I e II da embebição (CASTRO et al, 2004A, B). Ao longo do processo germinativo e a subsequente protrusão da radícula, em geral ocorre perda ou redução na capacidade da plântula em tolerar a dessecação.

O estudo da sensibilidade à dessecação nas sementes recalcitrantes é de difícil realização visto que estas apresentam dificuldades de armazenamento, bem como na manipulação (CASTRO et al, 2004A). Assim, considerando o comportamento apresentado por sementes ortodoxas durante sua germinação, é proposto seu uso para estudar os mecanismos de perda da tolerância à dessecação visando obter explicações sobre a sensibilidade à dessecação em sementes recalcitrantes (SUN, 1999).

2.2 Mecanismos de tolerância à dessecação

Durante o processo de formação/germinação de sementes ortodoxas, esta alterna fases de tolerância e intolerância à dessecação. A aquisição da tolerância à dessecação ocorre na metade do processo de maturação, simultaneamente à indução de dormência (quando é o caso), expansão celular e acúmulo de reservas. Sua perda ocorre durante ou após a protrusão radicular (PARCY et al, 1994).

Além da desidratação ocorrida durante o processo de maturação, a semente pode sofrer secagem imposta por condições ambientais após a dispersão, como períodos de seca prolongada (NEDEVA; NIKOLOVA, 1997). A semente também deve tolerar tais eventos, caso contrário, na ocorrência de seca no momento da germinação de uma semente sensível, a mesma perderá sua viabilidade. A secagem torna os solutos internos da célula concentrados, o que possibilita a ocorrência de reações destrutivas dentro da célula, tais como a desnaturação de proteínas, elevação do pH intracelular, perda da integridade das membranas e alterações na composição química e em propriedades físicas da parede celular (NEDEVA & NIKOLOVA, 1997). A secagem pode ocorrer rapidamente em algumas espécies ou lentamente e mesmo de forma mais atenuada em sementes desenvolvidas no interior de frutos carnosos (KERMODE; FINCH-SAVAGE, 2002; OSBORNE; BOUBRIAK, 1994).

Pammenter e Berjak (1999) relatam que os mecanismos de tolerância à dessecação devem manter características intracelulares físicas como a redução da vacuolização, acúmulo de reservas insolúveis, manutenção do citoesqueleto e da integridade do DNA. Além disso, ocorre a desdiferenciação intracelular, o que resulta em redução na superfície das membranas e provavelmente também no citoesqueleto. Os autores relatam ainda que é necessária a presença de sistemas antioxidantes eficazes, bem como é crucial a presença de mecanismos de reparo dos danos celulares que possam ser causados pela reidratação da semente.

O ABA (ácido abscísico) é largamente relatado como ligado, direta ou indiretamente, à tolerância à dessecação (BARBEDO; BILIA, 1998). A síntese deste hormônio está ligada à maturação da semente, bem como o estímulo da síntese de carboidratos e expressão de outros genes relacionados à tolerância à dessecação (BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998; BARTELS, 2005). Em

diversas espécies, o ABA tem papel central na aquisição de tolerância à dessecação.

A síntese de proteínas LEA (*late embryogenesis abundant*) é outro mecanismo relacionado com a tolerância à dessecação (ALPERT, 2005; BLACK et al, 1999; HOEKSTRA et al, 2003) ocorrendo em geral no final do processo de maturação da semente e tem como função, a proteção da estrutura celular durante a desidratação da semente, Black et al (1999) relatam que estas proteínas estão relacionadas a vários outros tipos de estresses que a planta pode sofrer. O acúmulo de carboidratos tal como a sacarose, estaquiose e rafinose são citados como mecanismo de proteção da integridade celular durante a secagem (BLACK et al, 1999).

Um considerável número de espécies vegetais de interesse conhecidas apresentam algum grau de sensibilidade à dessecação (HONG; ELLIS, 1996). Dessa forma, a compreensão dos mecanismos da tolerância à dessecação em sementes é de grande importância para o estabelecimento de técnicas para sua conservação (BOVI et al, 2004).

2.3 Influência ambiental no desenvolvimento da semente

As condições ambientais, tais como temperatura, disponibilidade hídrica, fertilidade do solo e herbivoria que ocorrem no local onde a planta cresce influenciam nas características de frutos e sementes produzidas (DELPH et al, 1997; TOMPSETT; PRITCHARD, 1993; WEINER et al, 1997; WULF, 1986) tais como tamanho, massa, germinabilidade e ocorrência e grau de dormência (DAWS et al 2004). Além disso, pode haver influência do ambiente parental no vigor da muda, afetando assim seu estabelecimento e crescimento (STEARNS, 1960).

Como exemplo é relatado o nível de dormência, que é influenciado pela temperatura e disponibilidade hídrica, tanto em herbáceas quanto em espécies florestais (FENNER, 1991). Esse mesmo autor relata que o comprimento do dia, a disponibilidade hídrica e de nutrientes do solo são fatores que influenciam as características físicas e fisiológicas das sementes. Jarvis & Moore (2008) relatam que a composição do solo, temperatura e salinidade também influenciam nas características da semente, bem como em sua germinação.

A tolerância à dessecação, também é influenciada pelo ambiente no qual a planta se desenvolve. Em um estudo realizado por Daws et al (2004), foram relatadas diferenças fisiológicas em sementes de *Aesculus hippocastanum* em função do ambiente onde elas foram coletadas. Os autores relataram ainda que as condições ambientais influenciaram a tolerância à dessecação nas sementes. Em relação ao efeito do ambiente maternal no desenvolvimento da semente, estudos verificando a influência do ambiente sobre a tolerância à dessecação podem levar a elucidação dos mecanismos relacionados à tolerância à dessecação.

A tolerância à dessecação apresenta como vantagem ao organismo, a possibilidade de sobreviver e colonizar ambientes com menor disponibilidade hídrica, como ocorrência de secas sazonais. Assim, existe forte seleção por organismos tolerantes à dessecação para colonizar a terra (ALPERT, 2005). Dessa forma, plantas que produzem sementes ortodoxas foram selecionadas para sobreviver em condições adversas, sendo capazes de permanecer viáveis por períodos de seca, até que haja água e outras condições favoráveis para seu desenvolvimento (BARBEDO; BILIA, 1998).

Ao contrário, plantas com sementes recalcitrantes foram selecionadas para ambientes em que há condições para seu desenvolvimento durante todo o ano (BARBEDO; BILIA, 1998; BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998), germinando assim, imediatamente após a dispersão. Alpert (2000) afirma que as

sementes tolerantes à dessecação estão presentes em locais onde sementes sensíveis à dessecação ocorrem. Tal fato sugere que outros fatores, além da seleção do ambiente, influenciaram na determinação da habilidade de tolerar a seca. Considerando esta afirmação, e também o fato de que o ambiente influencia diversas características físicas e fisiológicas da semente, o estudo do efeito do ambiente sobre a tolerância à dessecação, pode agregar novos conhecimentos para a compreensão dos mecanismos relacionados a esse tema, bem como daqueles relacionados à sensibilidade à dessecação.

2.4 *Copaifera langsdorffii*

O gênero *Copaifera* é composto por cerca de 72 espécies arbóreas nativas da América Latina e África Ocidental (GUERRA et al, 2006A), sendo 16 espécies nativas do Brasil (BRUM, 2007), as quais apresentam grande semelhança entre si, bem como as mesmas aplicações e nomes populares. Normalmente são conhecidas como copaíba, pau-d'óleo, ou copaibeira (LORENZI, 2000; VEIGA JUNIOR et al, 2002).

Destacam-se no Brasil a *C. officinalis*, *C. guianensis*, *C. reticulata*, *C. multijuga* e *C. langsdorffii* (GUERRA et al, 2006A). Esta última é referenciada como a espécie mais importante do gênero no Brasil, dada à sua ampla distribuição geográfica (ANDRADE JUNIOR, 2000; GUERRA et al, 2006B). *C. langsdorffii* ocorre desde o nordeste da Argentina até a Venezuela e no Brasil é encontrada nas regiões Nordeste (Bahia), Norte (Amazônia e Acre), Sudeste, Sul e Centro-Oeste (Mato Grosso do Sul e Goiás) (GUERRA et al, 2006A; LORENZI, 2000; VEIGA JUNIOR et al, 2002; QUEIROZ; MARTINS-DASILVA, 2010).

Do tronco destas árvores é extraído um óleo rico em diterpenoides de grande interesse medicinal (VEIGA JUNIOR et al, 2007), empregado na medicina popular como antiinflamatório, bactericida, diurético, expectorante e

no controle da infestação de pragas em colméias (FREIRE et al, 2006). A madeira de *C. langsdorffii* é utilizada na construção civil, confecção de móveis, peças torneadas, coronhas de armas, cabos de ferramentas e de vassouras, portas, painéis lambris e tábuas para assoalhos (GUERRA et al, 2006B; LORENZI, 2000; VEIGA JUNIOR et al, 2002). A espécie é utilizada ainda na arborização rural e urbana (JELLER; PEREZ, 1997) e na recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2000).

As sementes dessa espécie apresentam dormência tegumentar causada pela interferência do tegumento na entrada de água bem como a presença da cumarina e quantidades menores de umbeliferona, além de oligossacarídeos e xiloglucânicos (BUCKERIDGE et al, 1992; LIMA et al, 2006; FOWLER; BIANCHETTI, 2000). Em geral, os métodos de quebra de dormência indicados para a espécie são a imersão em água por 96 horas, a estratificação por 15 dias (BORGES et al, 1982; FOWLER; BIANCHETTI, 2000) ou ainda a imersão em éter por vinte minutos (PEREZ; PRADO, 1993).

2.5 *Tapirira obtusa*

O gênero *Tapirira* abriga cerca de 15 espécies, encontradas no Brasil, Peru, Bolívia, Paraguai e México (CORREIA et al, 2008; TERRAZAS; WENDT, 1995). Espécies deste gênero produzem compostos de utilidade medicinal como estimulante uterino, sendo ainda relatada atividade de alguns deles contra o câncer de próstata (CORREIA et al, 2003). Alguns estudos relatam a atividade citotóxica de compostos presentes em espécies deste gênero (CORREIA et al, 2001).

Tapirira obtusa (Benth.) J.D.Mitch, anteriormente conhecida como *Tapirira marchandii* Engl (LORENZI, 2000; SILVA-LUZ, 2010) ocorre no Brasil nas regiões Norte (Amazonas, Tocantins e Acre), Nordeste (Bahia),

Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul) e Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro), nos domínios Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (SILVA-LUZ, 2010).

A espécie apresenta madeira fácil de trabalhar e moderadamente durável em condições adversas, podendo ser utilizada na construção naval. Os frutos da espécie servem de alimentos para avifauna (principalmente pombos silvestres) suas flores são melíferas, sendo, portanto útil em reflorestamentos ambientais (LORENZI, 2000).

Os estudos referentes às espécies do gênero *Tapirira* se concentram na presença e utilidade de seus componentes químicos, sendo escassos estudos referentes à sua propagação via sementes. Segundo Lorenzi (2000), as sementes desta espécie não permanecem viáveis por mais que 60 dias, o que dificulta seu armazenamento bem como a sua produção de mudas. Dada a utilidade da espécie *T. obtusa*, sua ocorrência em diferentes ambientes e a importância do conhecimento da variação da tolerância à dessecação de sementes em função do ambiente no qual a semente é produzida, estudos relacionados a este assunto podem ser úteis para o conhecimento do efeito do ambiente sobre a tolerância à dessecação em sementes.

3 Considerações gerais

O presente estudo foi realizado com o objetivo de obter informações que possam contribuir para a compreensão dos mecanismos de tolerância à dessecação. Conforme citado anteriormente, o uso de espécies ortodoxas em processo germinativo é uma ferramenta útil para o conhecimento do comportamento de sementes recalcitrantes. Dessa forma, avaliou-se a tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. em processo germinativo.

O conhecimento do comportamento da semente perante a secagem também é importante para o estabelecimento de estratégias para sua conservação, principalmente no que diz respeito às sementes de espécies que despertam interesse, como é o caso da *Tapirira obtusa*. Apesar da utilidade da espécie, são realizados estudos concentrados apenas em suas aplicações, não havendo nada referente à germinação. A espécie apresenta larga distribuição geográfica, dessa forma, o estudo da variação da sensibilidade à dessecação de suas sementes, além de gerar informações úteis para sua conservação, também pode contribuir para a elucidação da tolerância à dessecação em função do ambiente maternal.

REFERÊNCIAS

ALPERT, P. The discovery, scope, and puzzle of desiccation tolerance in plants. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 151, p. 5-17, 2000.

ALPERT, P. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. **Integrative & Comparative Biology**, McLean, v. 45, p. 685-695, 2005.

ANDRADE JUNIOR, M. A.; FERRAZ, I. D. K. Eventos fenológicos de copaíba (*Copaifera officinalis* L. - Caesalpiniaceae) em mata de galeria do Rio Branco, Boa Vista/Roraima, Brasil: Uma primeira aproximação. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 30, n. 4, p. 523-533, 2000.

BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A. C. Evolution of research on recalcitrant seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 121-125, 1998.

BARBEDO, C. J. et al. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* LAM (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 431-439, 2002.

BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes.

Acta Botanica Brasilica, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 145-164, 1998.

BARTELS, D. Desiccation tolerance studied in resurrection plant *Caterostigma plantagineum*. **Integrative & Comparative Biology**, McLean, v. 45, p. 696-701, 2005.

BLACK, M. et al. Water content, raffinose, and dehydrins in the induction of desiccation tolerance in immature wheat embryos. **Plant Physiology**, Rockville, v. 120, p. 463-471, 1999.

BORGES, E. E. D. L. et al. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 09-12, 1982.

BOVI, M. L. A. et al. Desidratação de sementes de quatro lotes de pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 109-112, 2004.

BRUM, H. D. et al. Descrição comparativa dos propágulos e plântulas de *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera officinalis* Jacq. (Fabaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 351-353, 2007.

BUCKERIDGE, M. S. et al. Xyloglucan structure and post germinative metabolism in seeds of *Copaifera langsdorfii* from savanna and forest populations. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 86, n. 1, p. 145-151, 1992.

CASTRO, R. D. D. et al. Desenvolvimento de sementes e conteúdo de água. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: Do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 51-68.

CASTRO, R. D. D. et al. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Org.). **Germinação: Do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.

CORBINEAU, F. et al. Reversible cellular and metabolic changes induced by de-hydration in desiccation-tolerant wheat seedling shoots. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 122, p. 28-38, 2004.

CORREIA, S. D. et al. Alkyl phenols and derivatives from *Tapirira obtusa*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 56, n. 7, p. 781-784, 2001.

CORREIA, S. D. J. et al. Flavonóides, norisoprenóides e outros terpenos das folhas de *Tapirira guianensis*. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2056-2059, 2008.

CORREIA, S. D. J. et al. Constituintes das cascas de *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 36-38, 2003.

DAWS, M. I. et al. Seed mass variation potentially masks a single critical water content in recalcitrant seeds. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 14, n. 2, p. 185-195, 2004.

DELPH, L. F. et al. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives. **Ecology**, Washington, v. 78, n. 6, p. 1632-1639, 1997.

ELLIS, R. H. et al. An intermediate category of seed storage behavior? **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

FENNER, M. The effect of parental environment on seed germinability. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 1, p. 75-55, 1991.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas. Documentos 40, 2000. 27 p.

FREIRE, D. C. B. et al. Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapa* sp.) e

Copaíba (*Copaifera* sp.) sobre florídeo, pragas de colméias, (Díptera: Phoridae) na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 36, n. 3, p. 365 - 368, 2006.

GOLOVINA, E. A. et al. The competence to acquire cellular desiccation tolerance is independent of seed morphological development. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 52, n. 358, p. 1015-1027, 2001.

GUERRA, M. E. D. C. et al. **Morfologia** de sementes de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinoideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006A.

GUERRA, M. E. D. C. et al. **Efeito** da temperatura e da luz nas sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 1, p. 39-43, 2006B.

HOEKSTRA, F. A. et al. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 9, p. 431-438, 2001.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behavior. **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, n. 1, 62 p., 1996.

JARVIS, J. C.; MOORE, K. A. Influence of environmental factors on *Vallisneria americana* seed germination. **Aquatic Botany**, Amsterdã, v. 88, n. 4, p. 283-294, 2008.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. D. A. Efeito da salinidade e semeadura em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaifera langsdorffii* Desf. - Caesalpiniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 218-224, 1997.

KERMODE, A. R.; FINCH-SAVAGE, B. E. Desiccation sensitivity in orthodox and recalcitrant seeds in relation to development. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. (Ed.). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Londres: CABI Publishing, 2002. p. 149-184.

LEPRINCE, O. et al. The involvement of respiration in free radical process during loss of desiccation tolerance in germinating *Zea mays* L.: An electron paramagnetic resonance study. **Plant Physiology**, Stanford, v. 104, p. 1333-1339, 1994.

LIMA, J. A. D. et al. Maturação e inibidores de germinação na emergência de plântulas de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.- Caesalpiniaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 46., 2006, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Horticultura, 2006. 1 CD-ROM

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas no Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 352 p.

MARCOS FILHO, J. Sementes recalcitrantes. In: _____ (Org.). **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 353-379.

NEDEVA, D.; NIKOLOVA, A. Desiccation tolerance in developing seeds. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Sofia, v. 23, n. 3-4, p. 100-113, 1997.

OSBORNE, D. J.; BORIAK, I. I. DNA and desiccation tolerance. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 4, p. 175-185, 1994.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Massachusetts, v. 9, p. 13-37, 1999.

PARCY, F. et al. Regulation of gene expression programs during arabidopsis seed development: roles of ABI3 locus and endogenous abscisic acid. **The Plant Cell**, Rockville, v. 6, p. 1567-1582, 1994.

PEREZ, S. C. J. G. D. A.; PRADO, A. H. B. D. A. Efeito de diferentes

tratamentos pré-germinativos e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 15, n. 1, p. 115-118, 1993.

PROCTOR, M. C. F.; PENCE, V. C. Vegetative tissues: bryophytes, vascular resurrection plants and vegetative propagules. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. (Ed.). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Londres: CABI Publishing, 2002. p. 207-238.

QUEIROZ, L. P.; MARTINS-DA-SILVA, R. C. V. *Copaifera* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB022896>>. Acesso em: Ago. 2010.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 1, p. 39-52, 1973.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. Anacardiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB004409>>. Acesso em: Ago. 2010.

STEARNS, F. Effects of seed Environment during maturation on seedling growth. **Ecology**, Washington, v. 41, n. 1, p. 221-222, 1960.

SUN, W. Q. Desiccation sensitivity of recalcitrant seeds and germinated orthodox seeds: Can germinated orthodox seeds serve as a model system for studies of recalcitrance? In: IUFRO SEED SYMPOSIUM, 1999, Kuala Lumpur. **Anais**. Kuala Lumpur: FRIM.

TERRAZAS, T.; WENDT, T. Systematic wood anatomy of the genus *Tapirira* Aublet (Anacardiaceae) - a numerical approach. **Brittonia**, Nova Iorque, v. 47, n. 2, p. 109-129, 1995.

TOMPSETT, P. B.; PRITCHARD, H. W. Water status changes during development in relation to the germination and desiccation tolerance of *Aesculus*

hippocastanum L. seeds. **Annals of Botany**, Londres, v. 71, n. 2, p. 107–116, 1993.

VEIGA JUNIOR, V. F. et al. Constituintes das sementes de *Copaifera officinalis* L. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p. 123-126, 2007.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

WEINER, J. et al. How important are environmental maternal effects in plants? A study with *Centaurea maculosa*. **Journal of Ecology**, Londres, v. 85, n. 2, p. 133-142, 1997.

WULFF, R. D. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*: II. effects on seedling growth and physiological performance. **Journal of Ecology**, Londres, v. 74, n. 1, p. 99-114, 1986.

SEGUNDA PARTE – Artigos

ARTIGO 1 – Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. durante a germinação.

[u1] Comentário: Não fala a que periódico foi submetido

Resumo: O presente estudo foi realizado visando avaliar a perda da tolerância à dessecação em sementes de copaíba durante o processo germinativo. Foram realizados experimentos prévios avaliando a embebição e germinação de sementes submetidas a tratamentos de superação de dormência: escarificação mecânica, embebição por 96 horas, escarificação seguida de embebição e sementes não tratadas. Posteriormente, foi avaliado o efeito de concentrações de hipoclorito de sódio (0, 1, 2, 5 e 10%) sobre a germinação das sementes. Por fim, sementes submetidas à embebição nos tempos de 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas foram secas até a umidade inicial, em seguida foram submetidas à pré-umidificação e reidratação, sendo a tolerância à dessecação avaliada através do percentual de plântulas normais formadas. Para comparação, realizou-se um teste de germinação com sementes do mesmo lote (tratamento controle). Exceto pelo tratamento de escarificação seguida de embebição por 96 horas, os demais não foram significativamente diferentes entre si quanto ao percentual de germinação. Contudo, sementes submetidas à escarificação mecânica apresentaram maior IVG, sendo este o tratamento utilizado nos demais ensaios. Não se observou influência da concentração de hipoclorito de sódio sobre a germinação das sementes. Sementes embebidas por 96 horas e posteriormente secas e reidratadas apresentaram 26% de formação de plântulas normais. Sementes embebidas por 144 horas, secas e reidratadas originaram apenas 5% de plântulas normais. Verificou-se que sementes de copaíba perdem a tolerância à dessecação no início da fase 2 da embebição.

Palavras-chave: Copaíba, sensibilidade à dessecação, superação de dormência, embebição

Abstract: Loss of desiccation tolerance in *Copaifera langsdorffii* Desf. seeds during the germination process. This study aimed to evaluate the loss of desiccation tolerance on copaiba seeds during the germination process. Was realized initial tests evaluating the germination of seeds submitted to the dormancy overcoming treatments: mechanical scarification, imbibition for 96 hours, scarification followed to imbibition and not treated seeds. Later, was evaluated the effect of concentrations of sodium hypochlorite (0, 1, 2, 5 and 10%) at the germination of the seeds. At the end, seeds was submitted to the imbibition for 24, 48, 72, 96, 120 and 144 hours and dried to the initial humidity, being kept in this state for 3 days and submitted at pre-humidification and

rehydration, and was evaluated the desiccation tolerance by the percentage of normal seedlings. For comparison, was realized germination test (formation of normal seedlings) with the same lot of seeds (control). Except by the scarification followed by imbibition for 96 hours, the others treatments was not statistically different at the germination percentage. However, scarified seeds presents better germination speed index, and this treatment was used in the others tests. There was not influence of the sodium hypochlorite under the seed germination. Seeds imbibed for 96 and later dried and rehydrated presented 26% of normal seedlings. Seeds imbibed by 144 hours, dried and rehydrated presented only 5% of normal seedlings. Was verified if the copaiba seeds lost the desiccation tolerance at the start of the phase 2 of the imbibition.

Key-words: Copaiba, desiccation sensitivity, dormancy overcoming, imbibition.

1 Introdução

O termo tolerância à dessecação de sementes é definido como a tolerância a condições de baixa disponibilidade hídrica (MARCOS FILHO, 2005) ou habilidade de germinar após rápida secagem (GOLOVINA et al, 2001). A capacidade de tolerar a secagem ocorre nos mais diversos tipos de organismos, sendo que nas espécies vegetais é mais comum em sementes, grãos de pólen e esporos, podendo ocorrer em algumas plantas no estado vegetativo (ALPERT, 2005). Sementes tolerantes à dessecação (ortodoxas) adquirem essa capacidade ao longo do seu processo de maturação (GOLOVINA et al, 2001), sendo o momento da perda desta capacidade bastante variável entre as espécies ou mesmo entre diferentes lotes de uma mesma espécie.

Os mecanismos de tolerância à dessecação estão em geral relacionados com a manutenção da integridade da estrutura celular não só durante a secagem, mas também durante a embebição, visto que a entrada de água também pode causar danos à estrutura celular (CORBINEAU et al, 2004; PAMMENTER; BERJAK, 1999). Os mecanismos estão normalmente relacionados à síntese de proteínas e oligossacarídeos que mantêm a estrutura celular durante o estado desidratado (BARBEDO; BILIA, 1998) tais como as proteínas LEA (*late*

embryogenesis abundant), sintetizadas ao final do desenvolvimento da semente, estando relacionadas não só com a tolerância à dessecação, mas também a outros tipos de estresse (ALPERT, 2005; BARTELS, 2005; BLACK et al, 1999; HOEKSTRA et al, 2001).

A compreensão dos mecanismos de tolerância à dessecação é de suma importância para o estabelecimento de estratégias para a conservação de sementes (BOVI et al, 2004) uma vez que um número considerável de espécies vegetais de interesse apresentam sementes com sensibilidade à dessecação (BERJAK; PAMMENTER, 2001; HONG; ELLIS, 1996; TWEEDLE et al, 2003). Considerando as dificuldades apresentadas por sementes recalcitrantes (sensíveis à dessecação), o estudo dos mecanismos relacionados à sensibilidade à dessecação destas é difícil de ser executado, entretanto, sementes ortodoxas durante etapas de seu desenvolvimento apresentam comportamento semelhante ao das recalcitrantes (SUN, 1999). Dessa forma, o estudo da perda da tolerância à dessecação em sementes ortodoxas, pode ser uma ferramenta para compreensão da sensibilidade à dessecação em sementes recalcitrantes (KERMODE; FINCH-SAVAGE, 2002).

A copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) é o representante mais importante do gênero *Copaifera* no Brasil, dada à sua ampla distribuição geográfica (ANDRADE JUNIOR, 2000; LORENZI, 2000). A espécie desperta interesse pela aplicação medicinal do óleo extraído de seu tronco (VEIGA JÚNIOR et al, 2007), além do uso de sua madeira na construção civil, confecção de móveis, peças torneadas, tábuas para assoalhos e outros itens como cabos de ferramentas e vassouras e coronhas de armas (GUERRA et al, 2006; LORENZI, 2000; VEIGA JUNIOR et al, 2002). Além disso, a espécie é bastante utilizada em projetos de arborização rural e urbana (JELLER; PEREZ, 1997) e utilização na recuperação de áreas degradadas (LORENZI, 2000).

Sementes de copaíba apresentam dormência exógena causada pela presença de inibidores da germinação (LIMA et al, 2006), além da dormência tegumentar (FOWLER; BIANCHETTI, 2000). Os tratamentos mais comuns para a germinação da espécie são a imersão em água por 96 horas, estratificação por 15 dias (BORGES et al, 1982; FOWLER; BIANCHETTI, 2000) ou ainda a imersão em éter por 20 minutos (PEREZ; PRADO, 1993). Entretanto, outro método comumente utilizado para superação de dormência tegumentar é a escarificação mecânica, que pode ser um tratamento mais rápido e prático quando se trabalha com quantidades menores de sementes (FOWLER; BIANCHETTI, 2000).

Outro problema enfrentado na propagação por sementes é a contaminação das mesmas por fungos e bactérias. Uma das alternativas para desinfestação das sementes é o hipoclorito de sódio, por ser um composto de baixo custo e de larga aplicação na eliminação de contaminação em material vegetal (PICCOLLOTO et al, 2001). A concentração de hipoclorito a ser utilizada para desinfestação de sementes deve ser estudada para cada espécie, visto que concentrações elevadas podem prejudicar o processo germinativo das mesmas, bem como em alguns casos até mesmo o uso de hipoclorito pode ser fitotóxico. Além disso, Noletto et al (2010) relatam a eficácia do hipoclorito não só para a assepsia das sementes de copaíba, mas também para acelerar o processo de embebição das mesmas.

Sementes de copaíba apresentam comportamento ortodoxo, o que a torna útil para estudos relacionados à tolerância à dessecação, contudo, é necessário o conhecimento prévio dos tratamentos pré-germinativos necessários para que haja maior percentual, uniformidade e assepsia na germinação. Dessa forma, os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar o efeito de tratamentos pré-germinativos sobre a germinação das sementes; 2) avaliar o efeito de concentrações de hipoclorito de sódio sobre a germinação e deterioração de

sementes e 3) estudar a perda da tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* durante o processo germinativo.

2 Material e métodos

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais, da Universidade Federal de Lavras, MG, durante o período de março de 2009 a julho de 2010. O trabalho foi dividido em três ensaios, sendo o primeiro a avaliação dos tratamentos pré-germinativos sobre a germinação das sementes, o segundo a avaliação da perda da tolerância à dessecação e o terceiro a avaliação ultraestrutural visando verificar possíveis danos à célula causados pela secagem.

Para realização do primeiro ensaio, foram utilizadas sementes coletadas na região de Arcos, MG (21° 17'53,08"S; 45°32'44,64"O) no ano de 2008. Para a realização do segundo e terceiro ensaio, foram utilizadas sementes coletadas próximo à cidade de Lavras, MG (21°16'S; 45°02'O, elevação 911 metros) no ano de 2009. Ambos os lotes foram conservados em câmara fria aos 5 °C e 40% UR até a realização dos experimentos.

2.1 Ensaio 1 – Experimentos preliminares

No primeiro experimento foi avaliado o efeito de tratamentos pré-germinativos sobre a velocidade de embebição de sementes de copaíba. Foram avaliados os tratamentos escarificação mecânica com lixa, embebição em água por 96 horas e escarificação mecânica seguida por embebição em água por 96 horas, sendo definido como controle, o uso de sementes não submetidas a nenhum tratamento pré-germinativo. Após os tratamentos, as sementes foram dispostas em rolo de papel e acondicionadas em germinador aos 25 °C sob luz constante. Foram utilizadas para o experimento 5 repetições de 3 sementes que foram pesadas em tempos regulares até três dias após a protrusão da radícula.

No segundo experimento foi avaliado o efeito de tratamentos pré-germinativos sobre a germinação de sementes de copaíba. Foram utilizados os mesmos tratamentos avaliados no primeiro experimento, sendo que as sementes foram mantidas em rolo de papel aos 25 °C sob luz constante. Foram realizadas contagens diárias do número de sementes germinadas (radícula maior que 1 mm) até não haver mais germinação. Foram utilizadas 4 repetições de 25 sementes por tratamento. Foram avaliados o percentual final de germinação e o índice de velocidade de germinação (IVG).

No terceiro experimento, visando reduzir a contaminação fúngica das sementes, avaliou-se o efeito de concentrações de hipoclorito de sódio sobre a germinação das sementes. Sementes previamente submetidas ao tratamento de escarificação mecânica foram desinfestadas através da imersão por 20 minutos em solução de hipoclorito de sódio nas concentrações de 1, 2, 5 e 10%, seguida de lavagem em água corrente, sendo considerada como controle a imersão em água pelo mesmo tempo. Foram utilizadas em cada tratamento 4 repetições de 25 sementes, que após submetidas aos tratamentos foram dispostas em rolo de papel e acondicionadas em germinador aos 25 °C sob luz constante. Foi avaliado o percentual de germinação, IVG e sementes deterioradas.

2.2 Ensaio 2 – Perda da tolerância à dessecação

Para realização dos trabalhos, as sementes foram submetidas à escarificação mecânica com lixa. Foi estabelecida a curva de embebição das sementes utilizando 20 repetições de 1 semente que foram mantidas em rolos de papel e acondicionadas em germinador aos 25 °C sob luz constante, sendo realizadas pesagens em intervalos regulares por até 3 dias após a protrusão da radícula.

Para avaliação da tolerância à dessecação, sementes submetidas previamente ao tratamento de escarificação mecânica foram mantidas em rolo de

papel em germinador aos 25 °C sob luz constante. Após 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas de embebição, as sementes foram colocadas em caixas tipo gerbox contendo sílica gel, para secagem até atingir o percentual de umidade inicial. Após atingirem este percentual de umidade (tempo variável em função do tempo prévio de embebição) as sementes foram mantidas nesta condição por 72 horas. Em seguida, as sementes foram submetidas à pré-umidificação em 100% UR e 25 °C sob luz constante por 24 horas, sendo posteriormente recolocadas nas mesmas condições iniciais de germinação. Como controle, foi utilizada uma amostra de sementes do mesmo lote escarificadas mecanicamente (lixa) não submetidas ao processo de secagem/reidratação citado anteriormente. Foram utilizadas amostras de 4 repetições de 25 sementes por tratamento (tempos de embebição + controle), sendo avaliados o percentual de germinação, de plântulas normais e o IVG.

Foi determinada a umidade das sementes antes de serem colocadas para germinar e após 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas de embebição. Utilizando os valores de massa e umidade das sementes após a embebição nos tempos supracitados e no valor de umidade determinada para sementes secas, foi determinada com base na fórmula descrita por Hong & Ellis (1996) (Figura 1), a massa ao qual as sementes após a embebição deveriam atingir para retornarem à umidade inicial.

$$\text{Peso Alvo} = \frac{(100 - \text{Umidade Inicial})}{(100 - \text{Umidade Alvo})} \times \text{Peso Inicial}$$

Figura 1. Fórmula utilizada como base para cálculo do peso alvo das sementes.

2.3 Ensaio 3 – Avaliações ultraestruturais

Foram realizadas análises ultraestruturais visando verificar possíveis danos do processo de secagem/reidratação nas sementes de copaíba. O material para análise foi coletado a partir de sementes frescas e nos tempos de 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas após a embebição. Estes pontos foram avaliados após a embebição, secagem até a umidade inicial e após a pré-umidificação. As avaliações ultraestruturais foram realizadas no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Departamento de Fitopatologia da UFLA.

As avaliações foram realizadas no eixo embrionário das sementes, utilizando-se o microscópio eletrônico de varredura (MEV) LEO EVO 40 XVP, sendo as amostras preparadas segundo Alves (2004). As amostras foram fixadas em fixador Karnovsky (glutaraldeído 2,5%; formaldeído 2,5% e tampão cacodilato de sódio 0,05M, pH 7,2, CaCl₂ 0,001M) por 24 horas. Após isso, as amostras foram imersas em Glicerol 30% por meia hora, sendo posteriormente feita a lavagem em água destilada (duas lavagens de 15 minutos). Foi feita então a criofratura, que consistiu na imersão das amostras em nitrogênio líquido e posterior corte das mesmas utilizando-se um bisturi. Posteriormente, realizou-se a desidratação da amostra em acetona no gradiente de concentração (25, 50, 75 e 100 %), sendo que as amostras foram mantidas na concentração de 100% por 3 vezes. As amostras desidratadas foram submetidas à secagem em aparelho de ponto crítico modelo Bal-Tec.

As amostras foram por fim montadas em *stubs*, sendo realizada a metalização (ouro) e posterior visualização das mesmas, sendo as imagens registradas e utilizadas para a comparação dos resultados.

2.4 Análises de dados

Os dados percentuais (germinação e plântulas normais) foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Quando constatada distribuição não normal dos dados ($p < 0,05$), os mesmos foram convertidos ao arco seno da raiz quadrada de $x/100$. Após isso, os dados (quando normalizados) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, realizou-se teste de Tukey aos 5% de probabilidade. Dados que não apresentaram distribuição normal mesmo após conversão, foram analisados pelo método GLM (Modelos Lineares Generalizados) através da distribuição Binomial e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste Chisq, procedeu-se o teste de Tukey aos 5% de probabilidade.

Os valores de massa fresca das sementes obtidos nas avaliações da curva de embebição foram utilizados para cálculo da massa de água absorvida ao longo do tempo, para confecção da curva de embebição das sementes. Também foi estabelecida a curva de perda da tolerância à dessecação das sementes ao longo do tempo de embebição com base nos valores de sobrevivência das sementes (expressos pela germinação e pelo percentual de plântulas normais). Utilizando estes dados, foi feito o cálculo da equação explicativa dos dados.

Todas as análises foram feitas através do *software* R for Windows versão 2.12.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010), sendo os gráficos criados com o uso do *software* Microsoft Office Excel[®] versão 2007.

3 Resultados

Ensaio 1 – Experimentos preliminares

Para todos os tratamentos, foi observado que a curva de embebição apresentou padrão trifásico, com equação polinomial de terceiro grau (Figura 2). Foi observada maior velocidade de absorção de água no tratamento lixa seguida de embebição, sendo menor a embebição em sementes não submetidas a nenhum tratamento (controle).

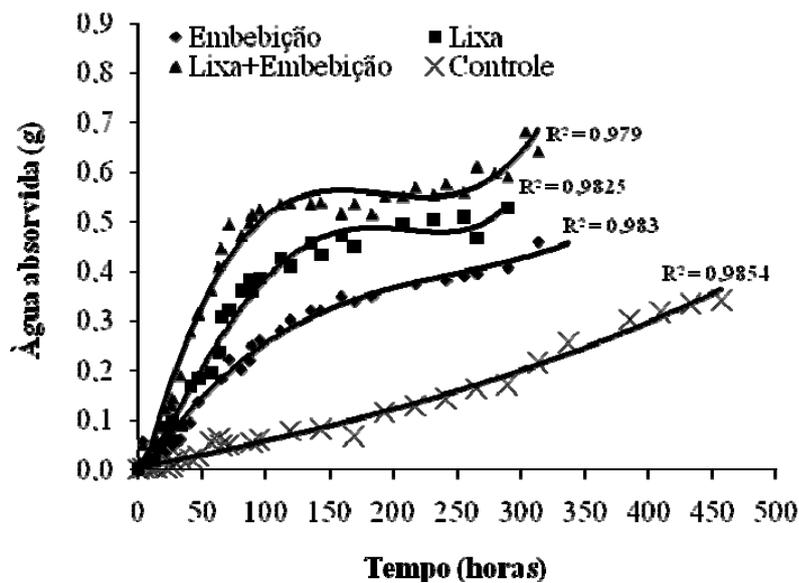


Figura 2. Curvas de embebição de sementes de *Copaifera langsdorffii* em função

de tratamentos de superação de dormência. Equações:

$$\text{Lixa+Embebição: } y = -2,592 + (3,88 \cdot 10^{-2})x - (2,118 \cdot 10^{-4})x^2 + (3,828 \cdot 10^{-7})x^3$$

$$\text{Lixa: } y = -0,2189 + 2,568x - (9,891 \cdot 10^{-5})x^2 + (1,333 \cdot 10^{-7})x^3$$

$$\text{Embebição: } y = -(6,786 \cdot 10^{-2}) + 0,1253x - (3,621 \cdot 10^{-5})x^2 + (3,726 \cdot 10^{-8})x^3$$

$$\text{Controle: } y = -0,2029 + 0,1035x - (3,285 \cdot 10^{-5})x^2 + (4,87 \cdot 10^{-8})x^3$$

A análise dos dados evidenciou diferenças significativas entre os efeitos dos tratamentos de superação de dormência ($p=0,0001$). Houve inferioridade do tratamento lixa seguida de embebição por 96 horas em relação aos demais tratamentos (50% de germinação). Os tratamentos lixa, embebição e o controle não apresentaram diferenças significativas em seu percentual de germinação ao final da avaliação dos experimentos (Figura 3A). Observaram-se diferenças significativas entre os índices de velocidade de germinação ($p=0,0002$) em função dos tratamentos, sendo observada maior velocidade de germinação no tratamento lixa (Figura 3B).

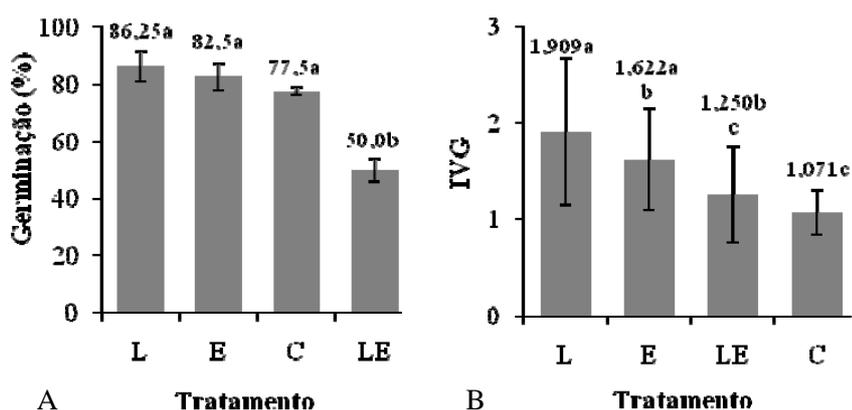


Figura 3. Efeito de tratamentos de superação de dormência sobre a germinação (A) e índice de velocidade de germinação (B) de sementes de *Copaifera langsdorffii*. Letras iguais indicam ausência de diferenças entre as médias, pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade. Legenda: C = Controle; E = Embebição; L = Lixa; LE = Lixa+Embebição

Não houve influência das diferentes concentrações de hipoclorito de sódio testadas sobre a germinação de sementes de copaíba ($p=0,26$), bem como sobre o percentual de sementes deterioradas ($p=0,26$) (Figura 4A). Também foi verificado que o IVG não foi influenciado pelos tratamentos ($p=0,26$) (Figura 4B).

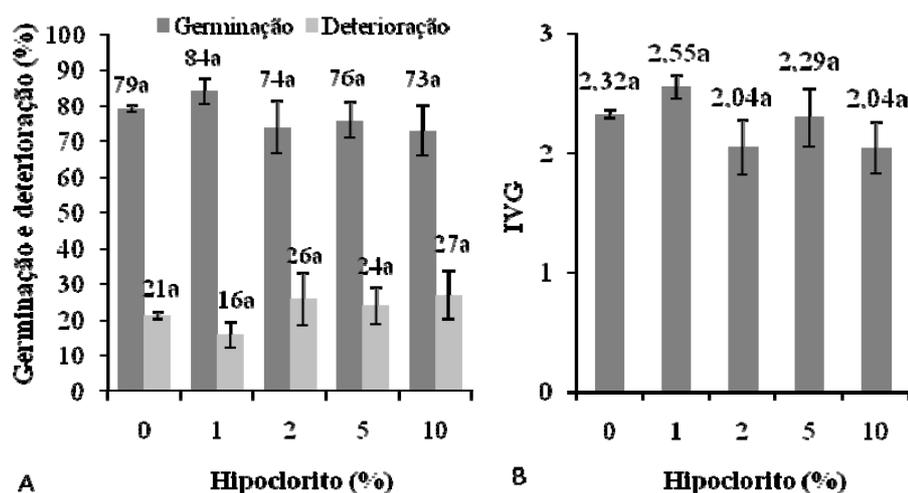


Figura 4. Efeito de concentrações de hipoclorito de sódio sobre germinação e deterioração (A) e Índice de Velocidade de Germinação (B) de sementes de *Copaifera langsdorffii*. Letras iguais indicam ausência de diferenças significativas entre as médias.

Ensaio 2 – Perda da tolerância à dessecação

Sementes oriundas do Cerrado na região de Lavras - MG, submetidas à escarificação mecânica, apresentaram curva de embebição semelhante àquela observada no ensaio 1 submetida ao mesmo tratamento pré-germinativo (Figura 5). Observou-se aumento da germinação quando sementes foram postas para embeber por 48 horas, sendo posteriormente secas e reidratadas, entretanto, houve redução neste percentual à medida que o tempo de embebição antes da secagem aumentou.

A variação nos valores de germinação apresentou-se como equação quadrática (Tabela 1). Foi observado incremento no percentual de germinação em sementes que foram postas para embeber por 48 horas, sendo secas em seguida (Figura 5). O mesmo foi observado para o IVG das sementes, em que

também se observou aumento em 48 horas, sofrendo queda a partir deste ponto. Pelo do teste de Tukey, observou-se diferenças significativas entre as médias, havendo maiores valores de germinação para sementes secas após 48 horas de embebição (Tabela 1). No que diz respeito ao IVG, foi observado redução nos valores quando sementes com 120 e 144 horas de embebição são secas até a umidade inicial.

Considerando a formação de plântulas normais, foi possível verificar que esta sofreu redução linear à medida que o tempo de embebição das sementes antes da desidratação e reidratação aumentaram (Figura 5). Houve redução no percentual de plântulas normais de 61,25% (controle e sementes após 24 horas de embebição) para 5% (sementes secas após 144 horas de embebição).

Tabela 1. Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* em processo germinativo.

Tempo	Umidade (%)	Germinação (%)		Plântulas Normais (%)		IVG	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
0*	11,27	68,75c	3,75	61,25a	5,54	1,53a	0,09
24	32,85	72,50b	4,33	61,25a	5,15	1,78a	0,11
48	49,07	77,50a	3,22	56,25b	1,25	2,21a	0,11
72	49,64	72,50b	5,20	52,50c	5,20	1,69a	0,02
96	53,50	53,75d	4,26	26,25d	5,15	1,18ab	0,12
120	54,64	20,00e	2,88	13,75e	3,14	0,36b	0,07
144	56,77	11,25f	1,25	5,00f	2,04	0,20b	0,03
p		$2,2 \times 10^{-16}$		$2,2 \times 10^{-16}$		$8,17 \times 10^{-7}$	
Equação explicativa		$y=69,1369+0,0792x-0,001173x^2$		$y=70,9375-0,4371x$		$y=1,634+0,0129x-0,00017x^2$	

Letras iguais indicam ausência de diferenças entre as médias pelo teste de Tukey aos 5% de probabilidade. *Valores referentes ao teste de germinação inicial (controle).

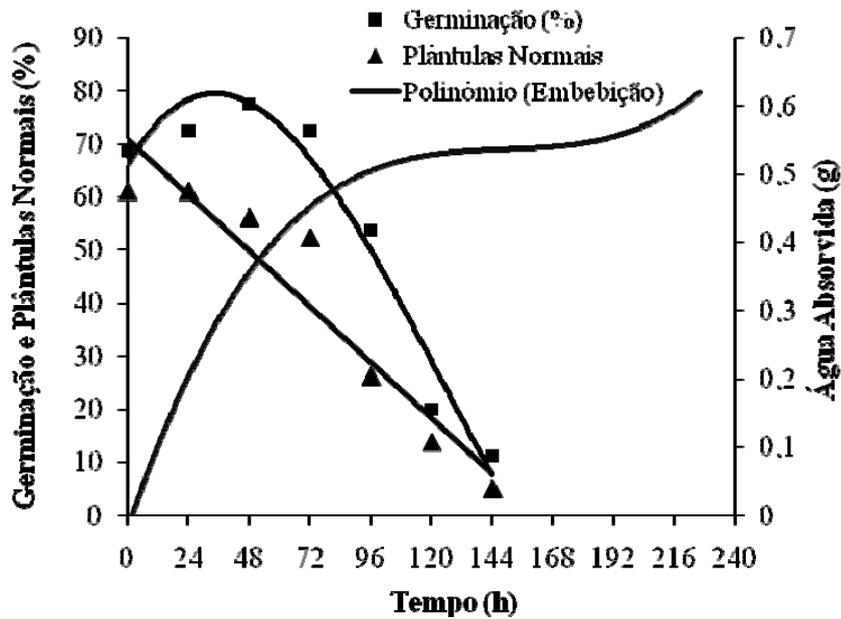


Figura 5. Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Copaifera langsdorffii* expressas pelo percentual de Germinação e formação de plântulas normais ao longo do processo de embebição.

Ensaio 3 – Avaliações ultraestruturais

Observaram-se possíveis variações do volume celular do eixo embrionário ao longo do processo de embebição (Figura 6). Sementes secas (não postas para embeber) apresentaram citoplasma compacto, não sendo observada a presença de vacúolos. Após 24 horas de embebição, ainda não houve consideráveis aumentos no volume celular (Figura 6B). Com 120 horas após a embebição, além do aumento no volume celular, puderam-se verificar alterações na morfologia celular, comparando-a com os pontos anteriores, sendo possível observar a formação de vacúolos (Figura 6D-G).

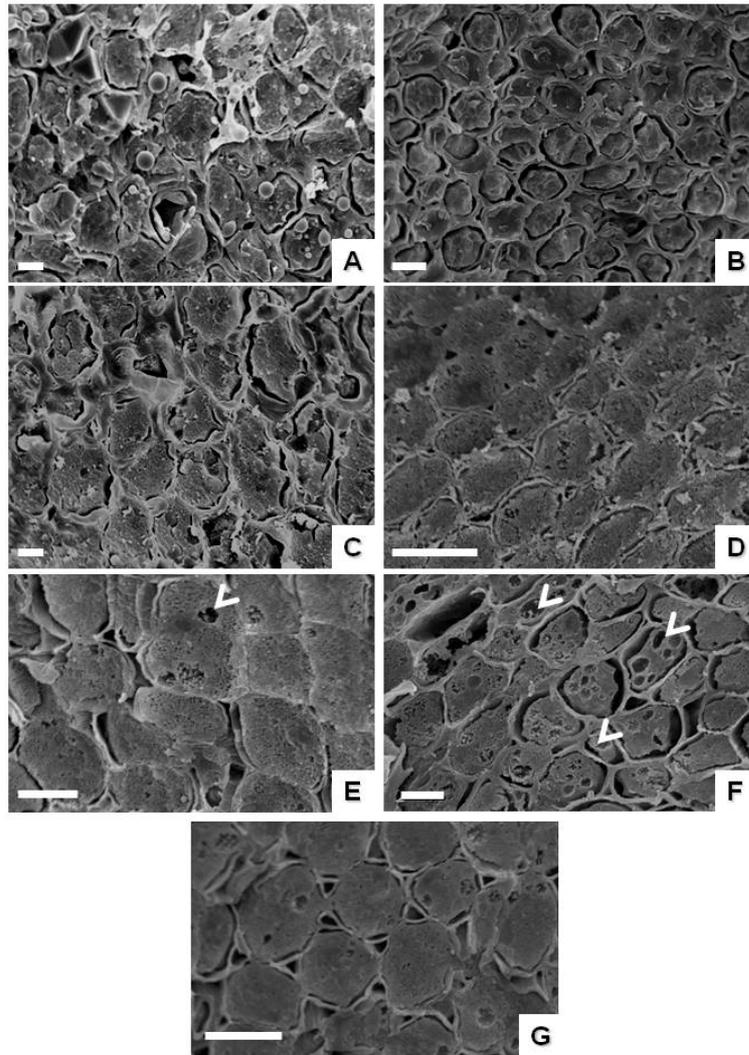


Figura 6. Eletromicrografias de varredura de sementes de *Copaifera langsdorffii* ao longo do processo de embebição. (A) Semente fresca. B-G: sementes após embebição. (B) 24 horas (C) 48 horas (D) 72 horas (E) 96 horas (F) 120 horas (G) 144 horas. Barras em A, C, E e F = 10 μ m. Barras em B, D e G = 20 μ m. Setas indicam vacúolos celulares.

Sementes embebidas por 24 horas e desidratadas não apresentaram danos à sua estrutura celular (Figura 7). Através da avaliação das imagens obtidas, não se verificou danos celulares aparentes após a secagem (Figura 7B).

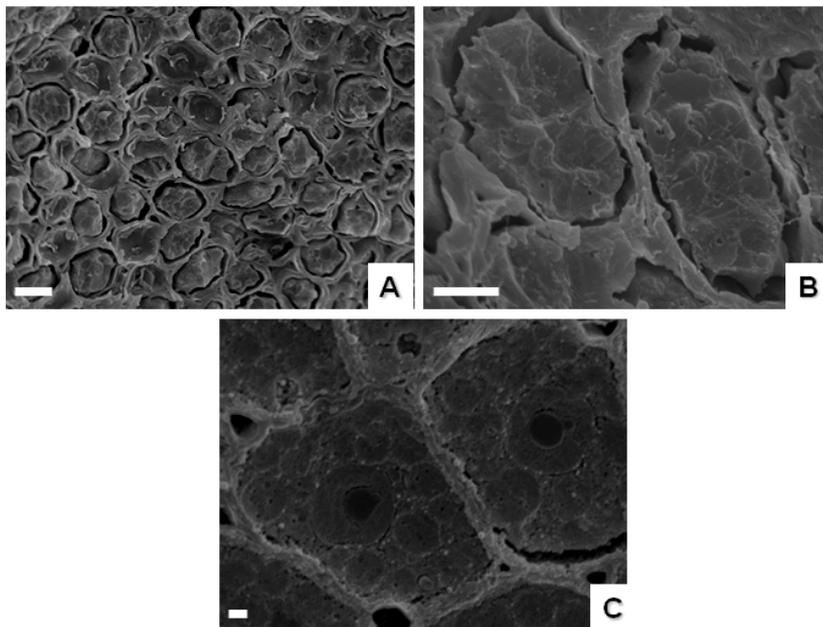


Figura 7. Eletromicrografias de varredura de sementes de *Copaifera langsdorffii*. (A) Após 24 h de embebição, barra = 20µm. (B) Após 24 h de embebição, seguida de secagem até a umidade inicial; barra = 10µm. (C) Após 24 h de embebição, seguida de secagem até a umidade inicial, permanência neste estado por 72 horas e pré-umidificação por 24 horas; barra = 1µm.

Após 144 horas de embebição, as sementes que foram submetidas à secagem apresentaram danos à sua estrutura celular, e colapso das mesmas, com aparente desprendimento da plasmalema com a parede celular (Figura 8B), sendo também observada ocorrência de danos à parede celular (Figura 8C). Além disso, em sementes com 144 horas de embebição submetidas à secagem e

posterior pré-umidificação foi observada a ocorrência de lise de células (Figura 8E).

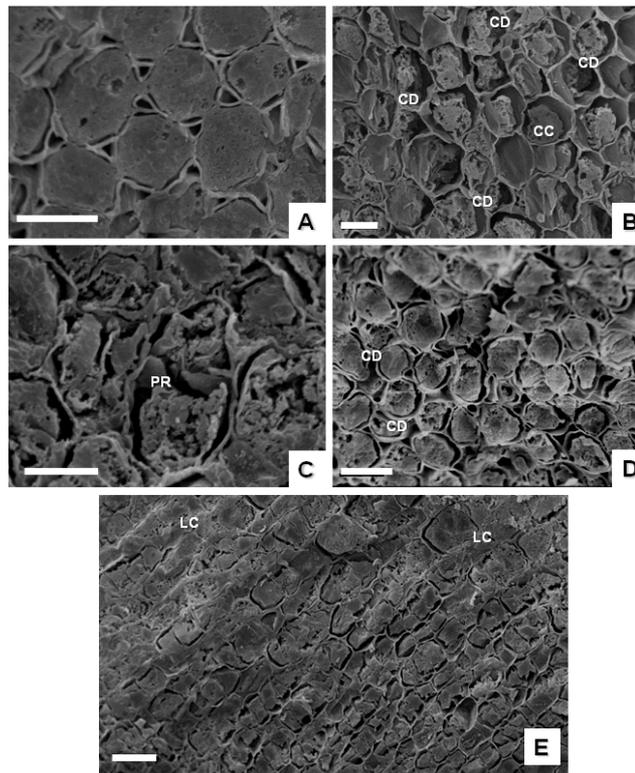


Figura 8 – Eletromicrografias de varredura de sementes de *Copaifera langsdorffii*. (A) Após 144 horas de embebição (B-C) Após 144 horas de embebição e secagem até a umidade inicial (D) Após 144 horas de embebição, secagem até a umidade inicial e permanência neste estado por 72 horas (E) Após 144 horas de embebição, secagem até a umidade inicial, permanência neste estado por 72 horas e pré-umidificação por 24 horas. Barras em A, B, D e E = 20 μ m. Barra em C = 10 μ m. Legenda: CD=Célula danificada; CC= Célula em colapso; PR= Parede celular rompida;LC= Lise celular.

4 Discussão

A rápida embebição apresentada no tratamento escarificação seguida de embebição pode ser um dos fatores que levaram a menor germinação das sementes neste tratamento. Isso pode ser explicado pelo fato de que a entrada acelerada de água pode levar à ocorrência de danos celulares irreversíveis nas sementes, resultando na morte das mesmas. Além disso, a lenta absorção de água das sementes nos tratamentos controle confirma a presença de dormência tegumentar relatada para a espécie (FOWLER; BIANCHETTI, 2000).

Noieto et al (2009) compararam o efeito do hipoclorito de sódio (imersão em solução de 2,5% por 60 minutos) e da escarificação mecânica (corte na região mediana usando bisturi) em sementes de copaíba. Os autores observaram que em condições de laboratório, não há diferenças entre os tratamentos, entretanto, em condições de viveiro, o uso do hipoclorito resultou em maior emergência das plântulas do que a escarificação. No presente estudo, tal como observado pelos autores para condições de laboratório, não houve diferenças estatísticas entre as concentrações de hipoclorito sobre o desempenho germinativo das sementes.

Sendo assim, considerando os resultados obtidos nos tratamentos de superação de dormência e os obtidos na avaliação das concentrações de hipoclorito, padronizou-se para o estudo da tolerância à dessecação o tratamento pré-germinativo escarificação mecânica (lixa) sem desinfestação em hipoclorito de sódio.

Segundo Bewley & Black (1994), o processo de embebição da semente pode ser dividido em três fases, sendo a primeira caracterizada pelo rápido aumento do conteúdo de água. Na segunda fase, ocorre estagnação do conteúdo

de água da semente, onde ocorre a reativação de processos metabólicos. Por fim, ocorre um novo aumento na absorção de água (fase 3) sendo esta fase caracterizada pela germinação visível (protrusão radicular).

Em geral, não há ocorrência de eventos metabólicos na fase 1 da embebição, sendo que normalmente sementes que estão neste ponto são capazes de tolerar a dessecação (CASTRO et al, 2004). Isso ocorre como estratégia de defesa da semente para evitar sua morte em casos de restrição hídrica no ambiente, por exemplo na ocorrência de chuvas rápidas seguidas de períodos de veranicos (NEDEVA; NIKOLOVA, 1997). As sementes de copaíba, entretanto, iniciaram a perda da tolerância à dessecação ainda na fase 1 da embebição. A queda mais acentuada da capacidade de tolerar a dessecação ocorreu entre 72 horas (52,25%) e 96 horas (26,25%) (Tabela 1). Esta redução pela metade no percentual de plântulas normais coincide com o início da fase 2 da embebição (96 horas), etapa onde ocorre a reativação do metabolismo celular.

Em geral a tolerância à dessecação em sementes permanece até pouco antes ou depois da protrusão radicular. Faria et al (2005) verificaram para sementes de *Medicago truncatula* que a tolerância à dessecação é perdida apenas após a germinação, permanecendo sem alterações durante as fases 1 e 2.

Masetto (2008) observou em *Sesbania virgata* que sementes com radícula de 1mm de comprimento ainda apresentaram tolerância à dessecação sendo que a perda total desta capacidade ocorreu quando as radículas atingiram 2mm de comprimento. A perda da tolerância à dessecação somente após a protrusão radicular também foi observada em sementes de *Leucaena leucocephala* (OLIVEIRA, 2009), *Peltophorum dubium* (GUIMARÃES, 2009), *Solanum lycopersicum* e *Abelmoschus esculentus* (LIN et al, 1998). Não foram encontrados relatos evidenciando a perda da tolerância à dessecação entre as fases 1 e 2 da embebição, tal como foi observado no presente estudo.

A dessecação causa vários danos na estrutura da célula, dentre eles a cristalização de solutos, desnaturação de proteínas e danos às membranas (BLACK; PRITCHARD, 2002). A manutenção da integridade celular ou a capacidade de reparar os danos causados pela secagem é imprescindível para que a semente seja capaz de tolerar a dessecação (PAMMENTER; BERJAK, 1999). Com o início da fase 2 da embebição, quando o conteúdo de água na semente ultrapassou 50% (Tabela 1), foi possível observar grande aumento no volume celular e ocorrência de vacúolos (Figura 5D-G).

Após 144 horas de embebição e posterior secagem, foi possível observar danos à estrutura celular das sementes, o que indica que neste ponto as células perdem a capacidade de manter sua integridade durante a desidratação (Figura 8B-C). Isso sugere que a perda da tolerância à dessecação pode estar relacionada com o não funcionamento dos mecanismos ligados à manutenção da integridade celular.

Sementes com 144 horas de embebição, quando submetidas à secagem apresentaram colapso em suas células, além de seu descolamento da parede celular, bem como lise de células. Estas ocorrências são indícios de que a estrutura celular é bastante danificada devido à secagem e que as sementes não possuem mecanismos eficazes de prevenção ou reparo destes danos. Vários autores verificaram que a estrutura celular é irreversivelmente danificada com a secagem da semente em processo germinativo. Guimarães (2009) verificou em sementes de *Peltophorum dubium* após a protrusão radicular que a secagem causa completa desorganização da estrutura celular, sendo observada degradação de membranas das organelas e danos à membrana plasmática.

Danos à estrutura celular também foram relatados para outras espécies como *Trichilia ermetica* (KIOKO et al; 2006) e *Leucaena leucocephala* (OLIVEIRA, 2009). Koster & Leopold (1988) observaram que um dos fatores relacionados aos danos à célula, em especial na membrana está relacionado à

redução do conteúdo de sacarose na semente. Os autores citam que a sacarose está presente em maiores quantidades durante estágios tolerantes, reduzindo-se em estágios sensíveis. Os mesmos autores citam ainda que a sacarose está ligada à proteção das membranas durante o estágio seco. Os grupos hidroxila da sacarose substituem a água na célula por meio de pontes de hidrogênio com os grupos fosfatos das membranas evitando assim, a ocorrência de danos à estrutura celular, através da formação de “vidros”.

Sementes ortodoxas normalmente são capazes de tolerar a baixa disponibilidade hídrica por longos períodos, sendo este um mecanismo de sobrevivência (ALPERT, 2000, 2005). Entretanto, com o início do processo germinativo, os mecanismos relacionados com a manutenção da tolerância à dessecação são gradativamente desativados, sendo que a protrusão radicular, em geral, marca a perda da tolerância. Estes mecanismos desligados são substituídos pela ativação de outros relacionados com a reativação do metabolismo celular, além do início da replicação do DNA e consequente divisão da célula (POTOKINA et al, 2002). Neste momento, as sementes ortodoxas começam a se comportar como recalcitrantes, sendo sensíveis à perda de água. A perda da tolerância à dessecação no início da fase 2 da embebição em copafba é um indício de que os mecanismos relacionados à reativação do metabolismo da semente e ao desenvolvimento da plântula e começam a ser ativados na fase 1 da embebição.

5 Conclusões

A perda da tolerância à dessecação em sementes de copafba se inicia na fase 1 da embebição, sendo totalmente perdida na fase 2.

A estrutura celular da semente em processo germinativo é danificada pela secagem, sendo provável que a sensibilidade esteja ligada à incapacidade de manter ou reparar a integridade da célula.

REFERÊNCIAS

ALPERT, P. The discovery, scope, and puzzle of desiccation tolerance in plants. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 151, p. 5-17, 2000.

ALPERT, P. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. **Integrative & Comparative Biology**, McLean, v. 45, p. 685-695, 2005.

ALVES, E. **Apostila do curso introdutório à microscopia eletrônica de varredura**. 1. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 43 p.

ANDRADE JUNIOR, M. A.; FERRAZ, I. D. K. Eventos fenológicos de copaíba (*Copaifera officinalis* L. - Caesalpinaceae) em mata de galeria do Rio Branco, Boa Vista/Roraima, Brasil: Uma primeira aproximação. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 30, n. 4, p. 523-533, 2000.

BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A. C. Evolution of research on recalcitrant seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, p. 121-125, 1998.

BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 145-164, 1998.

BARTELS, D. Desiccation tolerance studied in resurrection plant *Caterostigma plantagineum*. **Integrative & Comparative Biology**, McLean, v. 45, p. 696-701, 2005.

BERJAK, P.; PAMMENTER, N. W. Seed recalcitrance - current perspectives. **South African Journal of Botany**, Matieland, v. 67, n. 2, p. 79-89, 2001.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. 1. ed. New York: Plenum Press, 1994. 455 p.

BLACK, M. et al. Water content, raffinose, and dehydrins in the induction of desiccation tolerance in immature wheat embryos. **Plant Physiology**, Rockville v. 120, p. 463-471, 1999.

BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. **Desiccation and survival in plants**. 1. ed. New York: CABI Publishing, 2002. 422 p.

BORGES, E. E. D. L. et al. Comparação de métodos de quebra de dormência em sementes de copaíba. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 4, n. 1, p. 09-12, 1982.

BOVI, M. L. A. et al. Desidratação de sementes de quatro lotes de pupunheira: efeitos sobre a germinação e o vigor. **Horticultura Brasileira**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 109-112, 2004.

CASTRO, R. D. D. et al. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. (Ed.). **Germinação: Do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 149-162.

CORBINEAU, F. et al. Reversible cellular and metabolic changes induced by dehydration in desiccation-tolerant wheat seedling shoots. **Physiologia Plantarum**, Sweden, v. 122, p. 28-38, 2004.

FARIA, J. M. R. et al. Changes in DNA microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 56, n. 4118, p. 2119-2130, 2005.

FOWLER, J. A. P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: Embrapa Florestas. Documentos 40, 2000. 27 p.

GOLOVINA, E. A. et al. The competence to acquire cellular desiccation tolerance is independent of seed morphological development. **Journal of**

Experimental Botany, Lancaster, v. 52, n. 358, p. 1015-1027, 2001.

GUERRA, M. E. D. C. et al. Morfologia de sementes de plântulas e da germinação de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinoideae). **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 322-328, 2006.

GUIMARÃES, C. C. **Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Peltophorum dubium* durante e após a germinação.** 2009. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras 2009.

HOEKSTRA, F. A. et al. Mechanisms of plant desiccation tolerance. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 6, n. 9, p. 431-438, 2001.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behavior. **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, n. 1, p. 1996.

JELLER, H.; PEREZ, S. C. J. G. D. A. Efeito da salinidade e semeadura em diferentes profundidades na viabilidade e no vigor de *Copaifera langsdorffii* Desf. - Caesalpiniaceae. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 2, p. 218-224, 1997.

KERMODE, A. R.; FINCH-SAVAGE, B. E. Desiccation Sensitivity in Orthodox and Recalcitrant Seeds in Relation to Development. In: BLACK, M.; PRITCHARD, H. W. (Ed.). **Desiccation and survival in plants: drying without dying**. Londres: CABI Publishing, 2002. p. 149-184.

KIOKO, J. I. et al. Viability and ultrastructural responses of seeds and embryonic axes of *Trichilia emetica* to different dehydration and storage conditions. **South African Journal of Botany**, Matieland, v. 72, p. 167-176, 2006.

KOSTER, K. L.; LEOPOLD, A. C. Sugars and desiccation tolerance in seeds. **Plant Physiology**, Sweden, v. 88, p. 829-832, 1988.

LIN, T.P. et al. Disappearance of desiccation tolerance of imbibed crop seeds is not associated with the decline of oligosaccharides. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 49, n. 324, p. 1203-1212, 1998.

LIMA, J. A. D. et al. Maturação e inibidores de germinação na emergência de plântulas de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.- Caesalpiniaceae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 2006, Associação Brasileira de Horticultura.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas no Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 352 p.

MARCOS FILHO, J. Sementes recalcitrantes. In: _____ (Org.). **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. p. 353-379.

MASETTO, T. E. **Reestabelecimento da tolerância à dessecação em sementes germinadas de *Sesbania virginata* e *Cedrela fissilis***. 2008. 92 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

NEDEVA, D.; NIKOLOVA, A. Desiccation tolerance in developing seeds. **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, Sofia, v. 23, n. 3-4, p. 100-113, 1997.

NOLETO, L. G. et al. Alterações estruturais e fisiológicas em sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf.-Leguminosae-Caesalpinoideae submetidas ao tratamento com hipoclorito de sódio. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 45-52, 2009.

OLIVEIRA, J. M. D. **Perda da tolerância à dessecação em sementes de *Leucaena leucocephala* durante à germinação**. 2009. 71 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras Lavras, 2009.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Massachusetts, v. 9, n. S/N, p. 13-37, 1999.

PEREZ, S. C. J. G. A.; PRADO, A. H. B. A. Efeito de diferentes tratamentos pré-germinativos e da concentração de alumínio no processo germinativo de sementes de *Copaifera langsdorffii* Desf. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 15, n. 1, p. 115-118, 1993.

PICOLLOTO, I. R. d. S. et al. Efeito do cloro, fotoperíodo e temperatura no estabelecimento *in vitro* de jabuticabeira. **Scientia Agrária**, v. 8, n. 2, p. 2001.

POTOKINA, E. et al. Differential gene expression Turing seed germination in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Functional & Integrative Genomics**, Heidelberg, v. 2, p. 28-39, 2002.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 1. ed. Vienna, Austria: 2010. p.

SUN, W. Q. Desiccation sensitivity of recalcitrant seeds and germinated orthodox seeds: Can germinated orthodox seeds serve as a model system for studies of recalcitrance?. In: IUFRO SEED SYMPOSIUM 1999, Kuala Lumpur. **Anais**.Kuala Lumpur: FRIM.

TWEDDLE, J. C. et al. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. **The Journal of Ecology**, Londres, v. 91, n. 2, p. 294-304, 2003.

VEIGA JUNIOR, V. F. et al. Constituintes das sementes de *Copaifera officinalis* L. **Acta Amazônica**, v. 37, n. 1, p. 123-126, 2007.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

ARTIGO 2 – Tolerância à dessecação em sementes de *Tapirira obtusa* procedentes de diferentes ambientes.

Resumo: O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a sensibilidade à dessecação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes de três ambientes e submetidas a duas velocidades de secagem. As sementes foram coletadas em áreas de Campo Rupestre, Cerrado e mata ciliar na região de Lavras, MG e submetidas à secagem em ambiente fechado, com cloreto de magnésio (secagem lenta) ou sílica gel (secagem rápida), até os graus de umidade de 40, 30, 20 e 10%, sendo considerado como controle o percentual de germinação na umidade inicial em cada ambiente, a qual variou de 47 a 50%. Foram avaliados os percentuais de germinação e de plântulas normais e o índice de velocidade de germinação. Sementes do Campo Rupestre se mostraram indiferentes à secagem lenta, não sofrendo redução nos percentuais de germinação, todavia, houve aumento no percentual de germinação em sementes quando submetidas à secagem rápida. Sementes provenientes do cerrado apresentaram redução no percentual de germinação apenas quando secas rapidamente até 10% de umidade. Aquelas oriundas da mata ciliar se mostraram indiferentes ao grau de umidade e também à velocidade de secagem. Considerando os resultados obtidos, sugere-se que sementes de *T. obtusa* são tolerantes à dessecação.

Palavras-chave: Secagem, germinação, sensibilidade à dessecação,

Abstract: Desiccation tolerance on *Tapirira obtusa* seeds from different environments. This study aimed to evaluate the desiccation sensitivity in *Tapirira obtusa* seeds from three environments and submitted to two drying speeds. The seeds was collected from Rupestrian Fields, Savanna and riparian areas from Lavras, MG and submitted at the drying at closed environment, with magnesium chloride (slow drying) or “silica gel” (fast drying) until the humidity of 40, 30, 20 and 10% and was considered control the germination percentage at the initial humidity from each environment, what ranged from 47 to 50%. We evaluated the germination and normal seedlings percentages and the germination speed index. Rupestrian Fields seeds presented indifferent to the slow drying in the germination percentage, however, was observed increase in this percentages when the seeds was submitted to the fast dry. Savanna seeds presented decrease on germination only when was dried fastly at 10% of humidity. That from riparian was indifferent to the humidity and the drying speed. The results suggests that *T. obtusa* seeds are desiccation tolerant.

Key-words: Drying, germination, desiccation sensitivity, recalcitrant seeds.

1 Introdução

O termo tolerância à dessecação pode ser definido como a capacidade do organismo em resistir à perda de água e restabelecer o funcionamento normal do seu metabolismo após a reidratação (ALPERT, 2000). As sementes são classificadas em três grupos; quanto à sua tolerância à dessecação e ao armazenamento: Sementes tolerantes à dessecação (ortodoxas), capazes de tolerar a secagem até valores inferiores aos 10% de umidade, podendo ainda ser armazenadas em baixas temperaturas por longos períodos (ROBERTS, 1973).

Sementes que podem ser mantidas sob armazenamento por períodos curtos e que são capazes de tolerar secagens moderadas são consideradas intermediárias (ELLIS et al, 1990). As sementes recalcitrantes são incapazes de tolerar a secagem, bem como o armazenamento a baixas temperaturas (ROBERTS, 1973). Estas sementes não sofrem secagem completa durante o seu processo de maturação, o que as leva a serem dispersas com alto conteúdo de água. Dessa forma, elas germinam imediatamente após a dispersão ou mesmo ainda no fruto (viviparidade), além de não se manterem viáveis por muito tempo (BERJAK; PAMMENTER, 2000).

Sementes recalcitrantes geralmente sobrevivem por períodos de armazenamento limitados, sofrendo acentuada redução na germinabilidade ao longo do período de secagem (ROBERTS, 1973). Devido aos tais fatores, a recalcitrância representa uma dificuldade para o armazenamento e estudo de certas espécies (TWEDDLE et al, 2003). Além disso, sementes recalcitrantes não toleram armazenamento em temperaturas inferiores a 15°C, bem como são suscetíveis à contaminação fúngica e rápida deterioração (PAMMENTER; BERJAK, 1999). Plantas que produzem sementes recalcitrantes ocorrem em ambientes em que há condições para a germinação durante todo o ano

(BARBEDO; BILIA, 1998; BARBEDO; MARCOS FILHO, 1998), permitindo que sementes dispersas germinem imediatamente.

O conhecimento da resposta de sementes à secagem é imprescindível para que se possa estabelecer estratégias e metodologias para o seu armazenamento. Dessa forma, foi proposta por Hong e Ellis (1996), uma metodologia básica para determinar o comportamento da semente com relação à secagem e ao armazenamento. Um dos parâmetros avaliados nesta metodologia é a secagem da semente até níveis baixos de umidade, avaliando assim a sua capacidade de sobreviver nestas condições.

As condições ambientais na qual a semente se desenvolve, influenciam em diversas características e conseqüentemente em seu vigor (DELPH et al, 1997; STEARNS, 1960; TOMPSETT; PRITCHARD, 1993; WEINER et al, 1997; WULFF, 1986). Dentre as condições ambientais que podem influenciar o desenvolvimento é possível citar a disponibilidade hídrica, duração e intensidade da luminosidade, disponibilidade de nutrientes e água (FENNER, 1991). Foi evidenciado que a tolerância à dessecação também é influenciada pelas condições ambientais (DAWS et al, 2004).

Tapirira obtusa (Benth.) J.D.Mitch, anteriormente conhecida como *Tapirira marchandii* Engl (LORENZI, 2000; SILVA-LUZ, 2010) ocorre no Brasil, nas regiões Norte (Amazonas, Tocantins e Acre), Nordeste (Bahia), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul) e no Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro). A espécie apresenta madeira fácil de trabalhar e moderadamente durável em condições adversas, podendo ser utilizada na construção naval. Os frutos da espécie servem de alimentos para a avifauna (principalmente pombos silvestres) bem como apresenta flores melíferas (atrativo para insetos), sendo então útil em reflorestamentos ambientais (LORENZI, 2000).

Os estudos referentes às espécies do gênero *Tapirira* se concentram na presença e utilidade de seus componentes químicos, sendo escassos estudos referentes à sua propagação via sementes (CORREIA et al, 2001; 2003; 2006; 2008; TERRAZAS; WENDT, 1995). Segundo Lorenzi (2000), sementes desta espécie não permanecem viáveis por mais que 60 dias, o que dificulta seu armazenamento bem como a sua produção de mudas.

Considerando a importância da espécie em questão bem como a ausência e importância de estudos relacionados à sua tolerância à dessecação, objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a tolerância à dessecação em sementes de *Tapirira obtusa* provenientes de diferentes ambientes.

2 Material e métodos

Os trabalhos foram realizados no Laboratório de Sementes Florestais, da Universidade Federal de Lavras, MG, durante o período de janeiro a abril de 2011.

Sementes de *Tapirira obtusa* foram coletadas em janeiro e fevereiro de 2010 em áreas de Cerrado, mata ciliar e Campo Rupestre na região de Lavras, MG. Imediatamente após a coleta, as sementes foram beneficiadas através de maceração manual dos frutos em peneira e lavagem em água corrente para remoção do arilo e de resíduos dos frutos. Após isso, as sementes foram secas para remoção da água superficial, sendo imediatamente submetidas aos testes iniciais de umidade e de germinação. Estes testes e os demais foram realizados separadamente para cada ambiente.

Foram avaliados duas velocidades de secagem, sendo considerada lenta a secagem em cloreto de magnésio ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) aos 36% UR, e a secagem rápida em sílica gel aos 21% UR, ambas feitas em caixas tipo “higrostat” sob temperatura de 20 °C. As sementes foram secas até os graus de umidade de 40, 30, 20 e 10%, sendo considerado 2% para mais ou para menos. Para obtenção

dessas umidades, foi feito um acompanhamento da secagem, com pesagens periódicas das sementes até que o peso-alvo fosse atingido, conforme fórmula apresentada no quadro 1 (HONG; ELLIS, 1996).

$$\text{Peso Alvo} = \frac{(100 - \text{Umidade Inicial})}{(100 - \text{Umidade Alvo})} \times \text{Peso Inicial}$$

Figura 1. Fórmula utilizada para acompanhamento da secagem das sementes de *Tapirira obtusa*.

A secagem foi realizada até as sementes alcançarem o peso-alvo. Ao alcançar estes valores, uma amostra de sementes foi submetida ao teste de germinação, sendo este realizado em rolo de papel mantido em germinador aos 25 °C sob luz constante. Foi realizada contagem diária do percentual de germinação, sendo utilizados como parâmetros de avaliação o índice de velocidade de germinação IVG, a germinação final e o percentual de plântulas normais.

Foram utilizadas em cada teste de germinação 4 repetições de 25 sementes por tratamento, sendo o experimento realizado em fatorial triplo (3 ambientes x 2 velocidades de secagem x 4 graus de umidade), sendo incluído 3 tratamentos adicionais (germinação inicial em cada ambiente).

Os dados percentuais foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro Wilk. Quando constatada distribuição não normal dos dados ($p < 0,05$), os mesmos foram transformados ao arco seno da raiz quadrada de $x/100$. Após isso, os dados (quando normalizados) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, foi aplicado o teste de Tukey aos 5% de probabilidade. Dados que não apresentaram distribuição normal mesmo após conversão, foram analisados pelo método GLM (Modelos Lineares Generalizados) através da distribuição Binomial e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste Chisq, procedeu-se o teste

de Tukey aos 5% de probabilidade. Essas análises foram realizadas através do *software* R for Windows versão 2.12.0 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

3 Resultados

Na Tabela 1 são apresentados os valores de umidade alvo e umidade alcançada para cada teste. A secagem utilizando o cloreto de magnésio (secagem lenta) levou mais de 10 horas para alcançar a umidade de 10%, sendo o maior tempo observado para a secagem das sementes do Cerrado (14 horas) (Figura 2). A secagem em sílica gel (secagem rápida) ocorreu em tempo inferior a 10 horas, sendo a umidade de 10% alcançada em 7 horas para o Cerrado e mata ciliar, e em 4 horas para o Campo Rupestre (Figura 3).

Tabela 1. Graus de umidade (% , base úmida) alcançados durante a secagem de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes de diferentes ambientes.

Ambiente de ocorrência	Velocidade de secagem	Umidade inicial	Umidade-alvo (%)			
			40	30	20	10
Campo Rupestre	Lenta	47,00	40,00	30,50	21,00	11,80
	Rápida	47,00	38,77	31,06	21,96	10,65
Cerrado	Lenta	50,30	40,00	31,00	19,00	11,00
	Rápida	50,30	38,76	30,79	20,24	11,56
Mata Ciliar	Lenta	48,78	41,50	30,00	20,00	11,90
	Rápida	48,78	41,96	29,52	21,36	11,40

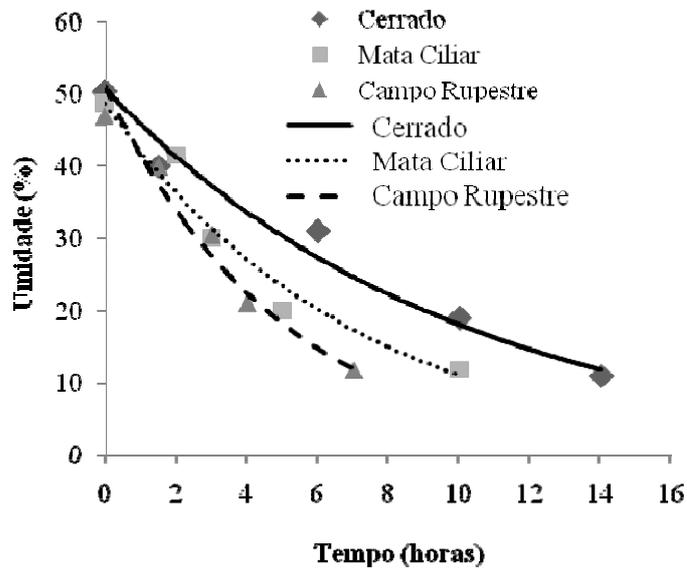


Figura 2: Curvas de secagem de sementes de *Tapirira obtusa* submetidas à secagem lenta.

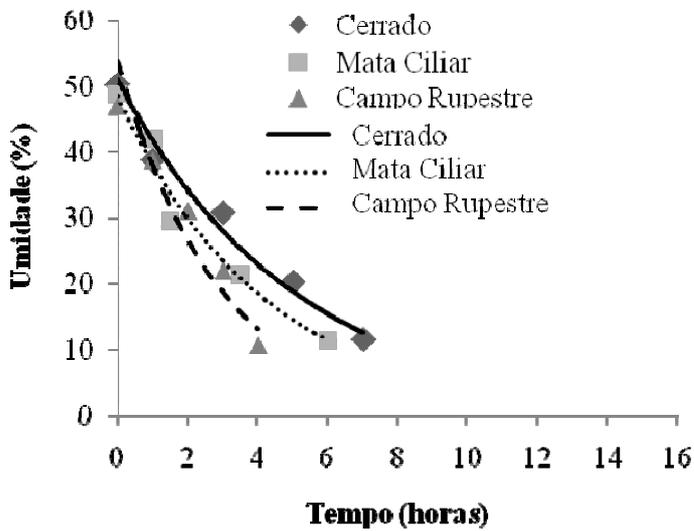


Figura 3: Curvas de secagem de sementes de *Tapirira obtusa* submetidas à secagem rápida.

Sementes provenientes do Campo Rupestre tiveram sua germinação significativamente influenciada pela velocidade de secagem ($p = 2,2 \times 10^{-16}$) e pelo grau de umidade ($p = 0,0004$), havendo interação entre os dois fatores ($p = 7,5 \times 10^{-5}$). Sementes submetidas à secagem lenta não tiveram sua germinação afetada pelo grau de umidade ao qual foram secas (Figura 4), contudo, sementes submetidas à secagem rápida apresentaram aumento linear no percentual de germinação, sendo observado menor valor naquelas recém colhidas (Figura 4), não havendo diferença estatística no percentual de germinação quando as sementes foram secas às umidades de 40, 30, 20 e 10%.

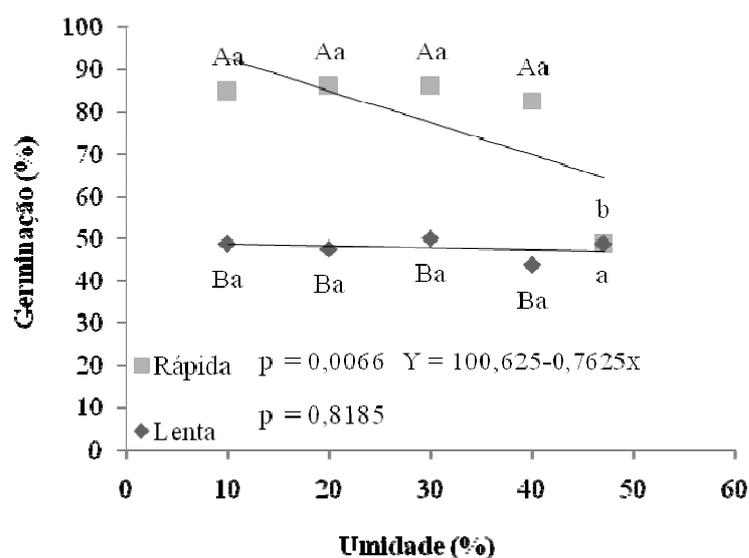


Figura 4. Germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes do Campo Rupestre, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentou equação para a secagem lenta por esta não ter sido significativa.

A germinação de sementes oriundas do Cerrado foi influenciada pela velocidade de secagem ($p = 2,2 \times 10^{-5}$) e pelo grau de umidade ($p = 0,0154$), todavia não houve interação entre os dois fatores ($p = 0,2505$). A redução do percentual de germinação ao longo da secagem pôde ser explicada por equação linear tanto para a secagem lenta quanto para a rápida (Figura 5), entretanto, quando submetidas à secagem rápida, observaram-se menores percentuais de germinação quando comparados à secagem lenta.

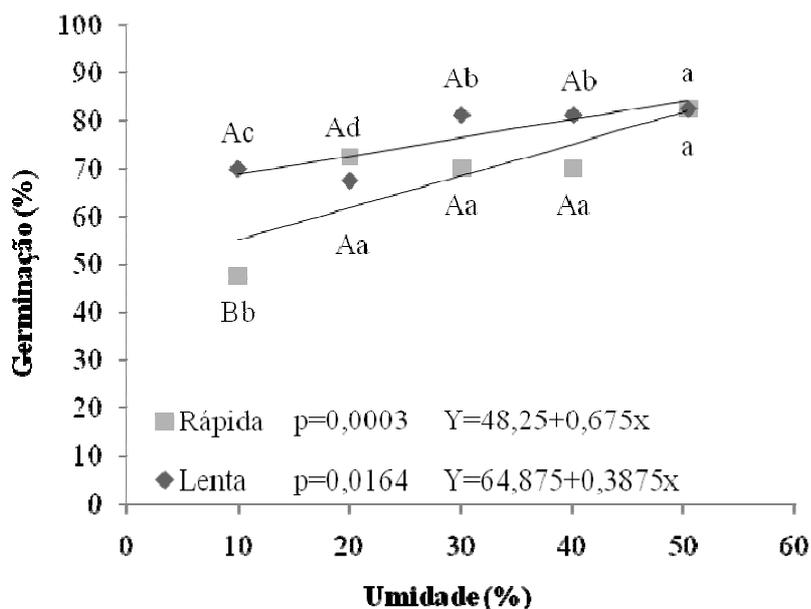


Figura 5. Germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes do Cerrado, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem.

Não houve influência da velocidade de secagem ($p = 0,1406$) nem do grau de umidade ($p = 0,0613$) sobre a germinação de sementes oriundas da mata ciliar, não havendo interação entre os dois fatores ($p = 0,7556$) (Figura 6).

Sementes recém colhidas oriundas do Campo Rupestre apresentaram menor percentual inicial de germinação quando comparadas às dos outros ambientes ($p = 0,0018$). O mesmo comportamento foi observado quando submetidas à secagem lenta até os percentuais de umidade: 40 ($p = 0,0004$), 30 ($p = 2,87 \times 10^{-6}$), 20 ($p = 0,0049$) e 10 ($p = 0,0025$) (Tabela 2). Sementes oriundas do Cerrado e mata ciliar não apresentaram diferença significativa em seus percentuais de germinação, independente da umidade ao qual foram secas.

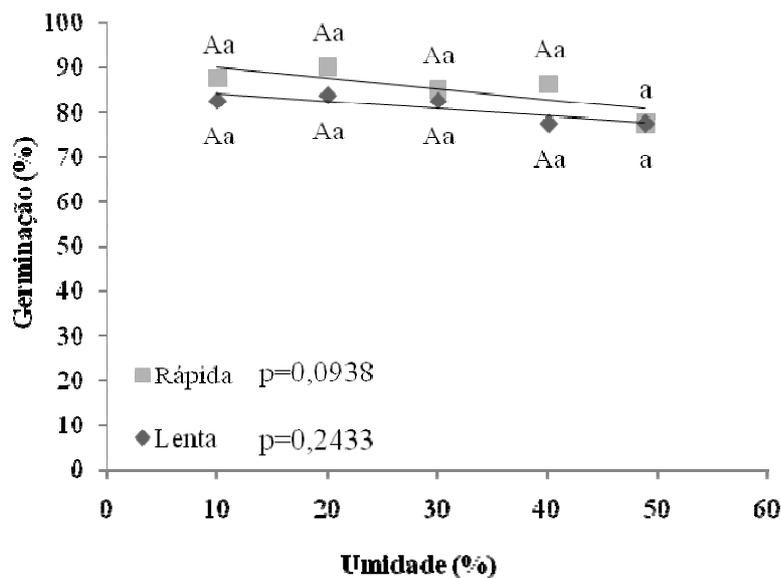


Figura 6. Germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes da mata ciliar, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentaram equações por estas não terem sido significativas.

Tabela 2. Percentuais de germinação de sementes de *Tapirira obtusa* oriundas de três ambientes e submetidas à secagem lenta.

Ambiente	Umidade (% , base úmida)				
	Inicial	40	30	20	10
Campo Rupestre	48,7 B	43,7 B	50,0 B	47,5 B	48,7 B
Cerrado	82,5 A	81,2 A	81,2 A	67,5 AB	70,0 A
Mata Ciliar	77,5 A	77,5 A	82,5 A	83,7 A	82,5 A

Letras comparam médias nas colunas, pelo teste de Tukey aos 5%.

Quando submetidas à secagem rápida, sementes oriundas do Cerrado apresentaram menores percentuais de germinação nas umidades de 40% ($p = 0,0304$), 20% ($p = 3,92 \times 10^{-6}$) e 10% ($p = 0,0004$) (Tabela 3).

Tabela 3. Percentuais de germinação de sementes de *Tapirira obtusa* oriundas de três ambientes e submetidas à secagem rápida

Ambiente	Umidade				
	Inicial	40	30	20	10
Campo Rupestre	48,7 B	82,5 B	86,2 A	86,2 AB	85,0 B
Cerrado	82,5 A	70,5 C	70,0 A	72,5 B	47,5 C
Mata Ciliar	77,5 A	86,2 A	85,0 A	90,0 A	87,5 A

Letras comparam médias nas colunas, pelo teste de Tukey aos 5%.

O índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes oriundas do Campo Rupestre foi influenciado pela velocidade de secagem ($p = 0,0014$) e pela umidade ($p = 0,0128$), não havendo interação entre estes dois fatores ($p = 0,1622$). Para a secagem rápida, não foi observada influência do grau de umidade ao qual a semente foi seca sobre o IVG (Figura 7), entretanto, foi verificada redução linear na velocidade de germinação das sementes quando submetidas à secagem lenta. Aos 10, 20 e 40% de umidade, foi verificada maior velocidade de germinação quando as sementes foram submetidas à velocidade rápida, não havendo diferença aos 30% de umidade (Figura 7).

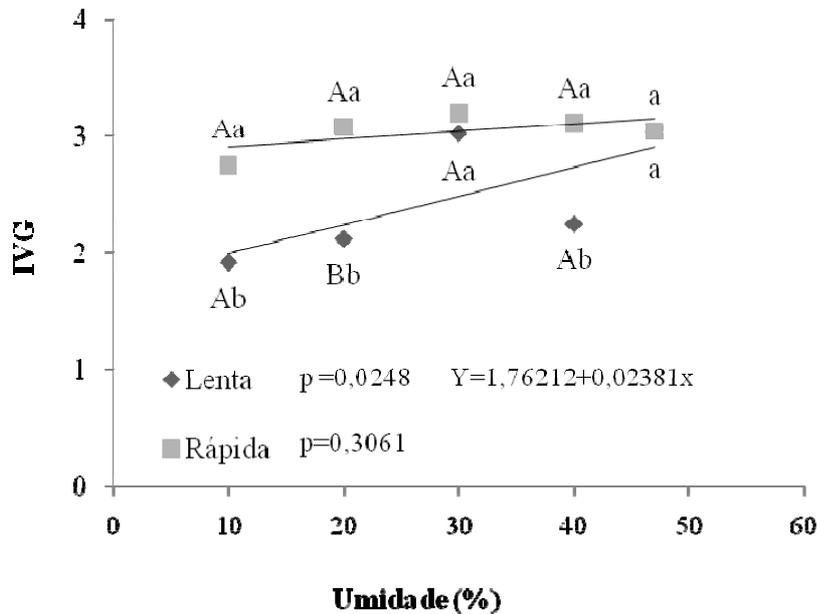


Figura 7. Índice de Velocidade de Germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes do Campo Rupestre, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentou equação para a secagem rápida por esta não ter sido significativa.

O IVG de sementes oriundas do Cerrado foi influenciado pela velocidade de secagem ($p = 0,0002$) e pelo grau de umidade ($p = 0,0389$), não havendo interação entre os dois fatores ($p = 0,9517$). Quando submetidas à secagem rápida, sementes oriundas desse ambiente apresentaram redução linear na velocidade de germinação, sendo verificados menores valores aos 10% de umidade (Figura 8). Com 30% de umidade, verificou-se maior velocidade de germinação quando submetidas à secagem lenta quando comparada à secagem rápida (Figura 8). Entretanto, não foi observada influência do grau de umidade sobre o IVG das sementes quando estas foram submetidas à secagem lenta.

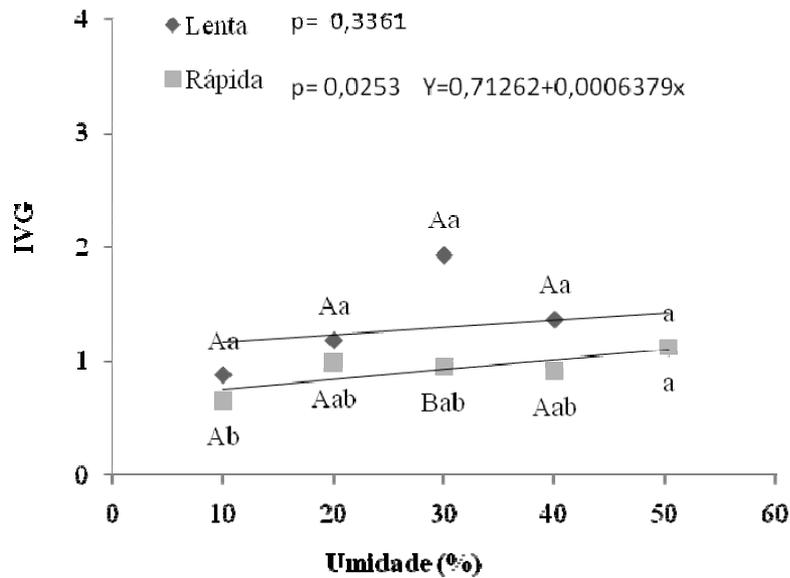


Figura 8. Índice de Velocidade de Germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes do Cerrado, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentou equação para a secagem lenta por esta não ter sido significativa.

O IVG de sementes oriundas da mata ciliar não foi influenciado pela velocidade de secagem ($p = 0,3188$), porém, houve influência da umidade ($p = 0,0031$) e interação entre esses dois fatores ($p = 0,0093$). Não foi verificada influência do grau de umidade sobre a velocidade de germinação das sementes submetidas à secagem rápida, enquanto que sementes submetidas à secagem lenta apresentaram redução linear nos valores de IVG na medida em que se reduziu o grau de umidade (Figura 9). A secagem lenta resultou em valores de IVG menores quando comparados à secagem rápida até as umidades de 10, 20 e

40%, não sendo verificada influência da velocidade de secagem aos 30% de umidade.

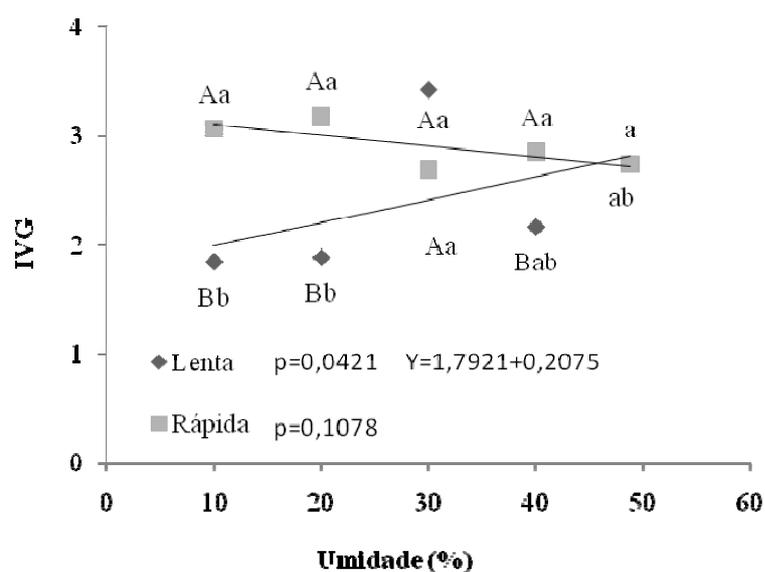


Figura 9. Índice de Velocidade de Germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes da mata ciliar, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentou equação para a secagem rápida por esta não ter sido significativa.

Sementes recém colhidas oriundas do Cerrado apresentaram menor velocidade de germinação quando comparada àquelas procedentes do Campo Rupestre e mata ciliar ($p = 7,069 \times 10^{-6}$). Este mesmo comportamento foi observado quando as sementes foram submetidas à secagem lenta até os valores de umidade de 40 ($p = 0,0098$), 30 ($p = 0,0031$), 20 ($p = 0,0058$) e 10% ($p = 0,0222$). Sementes oriundas do Campo Rupestre e mata ciliar não apresentaram diferenças significativas entre si quanto à velocidade de germinação (Tabela 4).

Tabela 4. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes de três ambientes e submetidas à secagem lenta.

Ambiente	Umidade (% base úmida)				
	Inicial	40	30	20	10
Campo Rupestre	3,04 A	2,25 A	3,02 A	2,12 A	1,92 A
Cerrado	1,12 B	1,37 B	1,93 B	1,19 B	0,88 B
Mata Ciliar	2,74 A	2,16 A	3,42 A	1,88 A	1,84 A

Letras comparam médias nas colunas, pelo teste de Tukey aos 5%.

Tal como observado para a secagem lenta, sementes oriundas do Cerrado, quando submetidas à secagem rápida apresentaram menor velocidade de germinação nas umidades de 40 ($p = 5,709 \times 10^{-7}$), 30 ($p = 0,0001$), 20 ($p = 3,923 \times 10^{-6}$) e 10% ($p = 1,75 \times 10^{-5}$). Também conforme observado para a secagem lenta, sementes oriundas do Campo Rupestre e da mata ciliar não apresentaram diferenças significativas entre si quanto ao IVG, todavia, tais valores estiveram entre 2,69 e 3,2.

Tabela 5. Índice de velocidade de germinação de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes de três ambientes e submetidas à secagem rápida.

Ambiente	Umidade (% base úmida)				
	Inicial	40	30	20	10
Campo Rupestre	3,04 A	3,11 A	3,20 A	3,08 A	2,75 A
Cerrado	1,12 B	0,91 B	0,95 B	0,98 B	0,65 B
Mata Ciliar	2,74 A	2,85 A	2,69 A	3,18 A	3,06 A

Letras comparam médias nas colunas, pelo teste de Tukey aos 5%.

O percentual de formação de plântulas normais em sementes oriundas do Campo Rupestre foi influenciado pela velocidade de secagem ($p = 2,2 \times 10^{-16}$), pelo grau de umidade ($p = 0,0004$), havendo interação entre estes dois fatores ($p = 9,458 \times 10^{-5}$). Sementes submetidas à secagem rápida apresentaram aumento linear no percentual de plântulas normais, sendo menor em sementes recém colhidas. Não houve diferença estatística deste percentual nas umidades de 40,

30, 20 e 10% (Figura 10). Não houve influência do grau de umidade sobre a formação de plântulas normais em sementes submetidas à secagem lenta. Observou-se ainda, para este ambiente, que sementes submetidas à secagem rápida apresentaram maior percentual de plântulas normais quando estes valores são comparados com a secagem lenta (Figura 10).

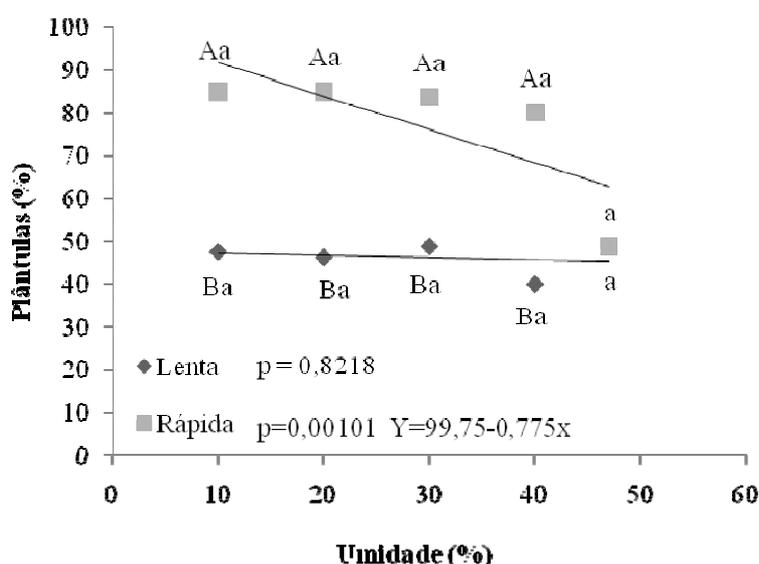


Figura 10. Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes do Campo Rupestre, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentou equação para a secagem lenta por esta não ter sido significativa.

O percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes oriundas do Cerrado foi influenciado pela velocidade de secagem ($p = 0,0102$), grau de umidade ($p = 0,0002$), não havendo interação entre os fatores ($p = 0,0865$). Não houve influência do grau de umidade quando as sementes foram submetidas à secagem lenta, entretanto, houve redução linear nos valores de

formação de plântulas normais quando se procedeu a secagem rápida. Sementes secas rapidamente até 10% de umidade apresentaram redução significativa no percentual de formação de plântulas normais (Figura 11)

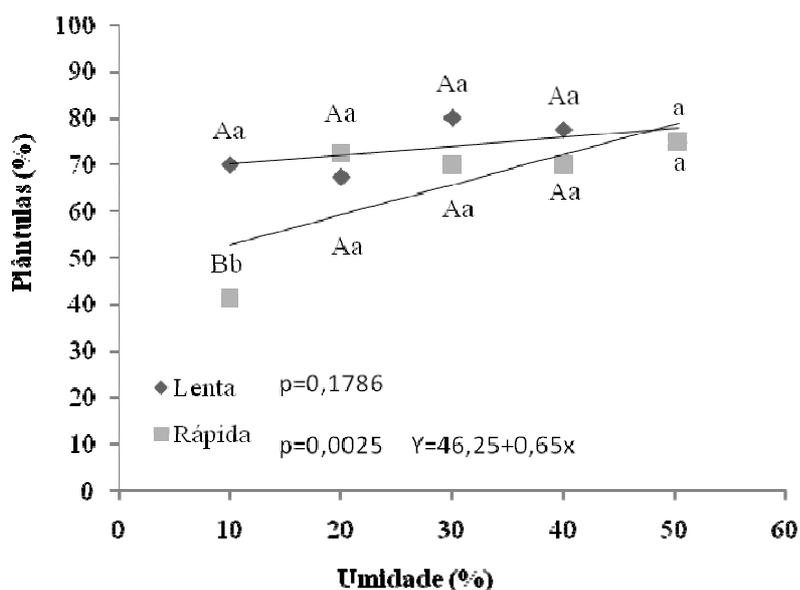


Figura 11. Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes do Cerrado, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentou equação para a secagem lenta por esta não ter sido significativa.

Sementes oriundas da mata ciliar, quanto ao percentual de plântulas normais formadas, não foram influenciadas pela velocidade de secagem ($p = 0,3192$), pela umidade ($p = 0,0963$), não havendo também interação entre os dois fatores ($p = 0,8238$). Os valores de formação de plântulas normais para este ambiente, independente da velocidade de secagem estiveram entre 77,5 e 87,5 (Figura 12).

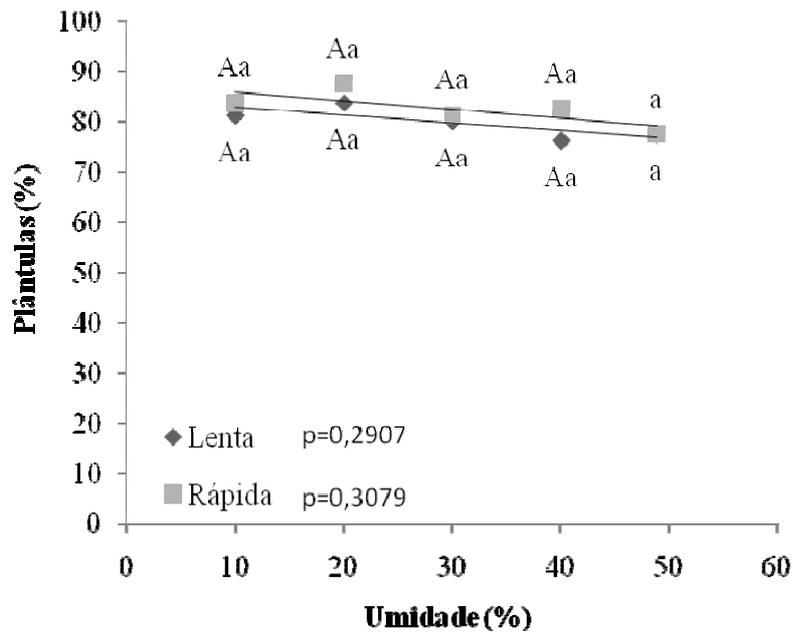


Figura 12. Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes de *Tapirira obtusa* provenientes da mata ciliar, submetidas a duas velocidades de secagem. Letras maiúsculas comparam médias entre as velocidades de secagem para um mesmo grau de umidade. Letras minúsculas comparam médias entre os graus de umidade para uma mesma velocidade de secagem. Não se apresentaram as equações por estas não terem sido significativas.

O percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes procedentes do Campo Rupestre submetidas à secagem lenta foi menor quanto comparado aos valores observados para sementes do Cerrado e da mata ciliar ($p = 0,0033$). Para as umidades de 40 ($p = 0,0002$), 30 ($p = 0,0031$), 20 ($p = 0,0222$) e 10% ($p = 0,0049$). Os percentuais de formação de plântulas normais a partir de sementes oriundas do Cerrado e da mata ciliar não foram significativamente diferentes (Tabela 6).

Tabela 6. Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes oriundas de três ambientes e submetidas à secagem lenta.

Ambiente	Umidade (% , base úmida)				
	Inicial	40	30	20	10
Campo Rupestre	48,7 B	40,0 B	48,7 B	46,2 B	47,5 B
Cerrado	75,0 A	77,5 A	80,0 A	67,5 AB	70,0 A
Mata Ciliar	77,5 A	76,2 A	80,0 A	83,7 A	81,2 A

Letras comparam médias nas colunas, pelo teste de Tukey aos 5%.

O percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes recém colhidas foi influenciado pelo ambiente ($p=0,0018$), sendo que a menor média foi observada para o Campo Rupestre. Quando submetidas à secagem rápida até 10% de umidade ($p=0,0002$), sementes oriundas do Cerrado apresentaram menor percentual de formação de plântulas normais quando comparado com os demais ambientes. Quando secas rapidamente às umidades de 40 ($p = 0,1352$), 30 ($p = 0,1695$), 20% ($p = 0,0831$), não houve influência do ambiente parental das sementes sobre o percentual de plântulas normais formadas (Tabela 7).

Tabela 7. Percentual de formação de plântulas normais a partir de sementes oriundas de três ambientes e submetidas à secagem rápida.

Ambiente	Umidade				
	Inicial	40	30	20	10
Campo Rupestre	48,7 B	80,0 A	83,7 A	85,0 A	85,0 A
Cerrado	75,0 A	70,0 A	70,0 A	72,5 A	41,2 B
Mata Ciliar	77,5 A	82,5 A	81,2 A	87,5 A	83,7 A

Letras comparam médias nas colunas, pelo teste de Tukey aos 5%.

4 Discussão

O aumento no percentual de germinação quando a semente é submetida a secagem inicial, tal como ocorreu em sementes do Campo Rupestre, pode ser um indício de superação de dormência. O mesmo pode ter ocorrido com relação ao aumento do IVG em sementes da mata ciliar quando submetidas à secagem lenta, visto que sementes secas até 30% de umidade apresentaram aumento na velocidade de germinação. Além disso, sementes do Campo Rupestre submetidas à secagem lenta, mantiveram sua baixa germinabilidade, em valores estatisticamente iguais, independente do grau de umidade, o mesmo sendo observado em sementes submetidas a secagem rápida entre as umidades de 40, 30, 20 e 10%.

O aumento da germinabilidade após a secagem também foi relatado para as espécies *Tabebuia chrysotricha*, *T. impetiginosa* e *T. serratifolia* por Carvalho (2000). Em um trabalho com sementes *Cryptocarya ascherosiana* Muxfeldt (2008) também relatou aumento na germinabilidade em função da secagem, sugerindo que a secagem pode ter propiciado a superação de dormência da semente, tal como observado nas sementes do Campo Rupestre no presente estudo.

Apesar das reduções nos valores observados em sementes do Cerrado quando secas até 10%, e nas reduções de valores de IVG observados em sementes do Campo Rupestre e da mata ciliar, os resultados indicam que sementes de *T. obtusa* toleram dessecação. Tal fato pode ser indicado principalmente quando é considerado o comportamento de sementes da mata ciliar, em que não houve influência da secagem, bem como o fato de não haver redução neste desempenho para sementes do Campo Rupestre. Entretanto, foi possível observar que as sementes oriundas dos três ambientes apresentaram diferentes respostas a secagem.

Oliveira et al (2009) observaram que sementes de *Talisia subalbans* apresentam comportamento diferente de acordo com a velocidade de secagem. Submetendo sementes da espécie a secagem em estufa aos 35 °C, foi observado aumento nos percentuais de germinação quando comparados aos de sementes secas em condições ambientes. No presente trabalho, houve redução significativa da germinação de sementes provenientes do Cerrado, quando o grau de umidade das mesmas foi reduzido de 20 para 10%. Ainda segundo os mesmos autores, esse é um comportamento comum apresentado por sementes recalcitrantes, porém, nos demais ambientes não foi observado este mesmo comportamento.

A tolerância à dessecação é um mecanismo de defesa para que a semente possa sobreviver à baixa disponibilidade hídrica até que haja condições para a germinação, sendo assim, plantas que produzem sementes com essa capacidade teriam sido selecionadas para colonizar áreas com ocorrência de secas frequentes (ALPERT 2005, BARBEDO; BILIA, 1998). Além disso, Daws et al (2006) em experimentos com sementes de *Acer pseudoplatanus* (tolerante à dessecação), encontraram diferenças em suas características em função do ambiente no qual a semente é produzida. Os autores sugerem que as características da semente podem sofrer alterações em resposta a adaptação a diferentes condições ambientais.

Contudo, o período de dispersão das sementes de *T. obtusa* coincide com o período chuvoso (Lorenzi, 2000), sendo assim, existem condições para a germinação imediatamente após a dispersão. Além disso, em condições naturais, espera-se que as sementes sejam submetidas naturalmente por secagem lenta e, conforme observado no presente trabalho, quando submetidas à esta secagem não há perda da germinabilidade.

Kageyama e Viana (1989) citado por Davide et al (2003) relatam que é mais provável que sementes de espécies clímax apresentem comportamento

recalcitrante. Segundo eles, as sementes deste grupo germinam imediatamente após a dispersão, formando banco de plântulas em volta da planta-mãe. Este comportamento foi relatado para várias espécies deste grupo ecológico (DAVIDE et al, 2003; JOSÉ et al, 2007), sendo que *T. obtusa* é classificada como espécie clímax em uma sucessão ecológica (SOUZA, 2007; SILVA et al, 2004; CHAGAS 2001).

O comportamento das sementes no que diz respeito à tolerância à dessecação é muito variável em função da espécie e às vezes, em uma mesma espécie, pode haver níveis de tolerância/sensibilidade variáveis em função de ambiente e até mesmo do lote (GAFF, 1997 citado por ALPERT, 2000). No presente estudo, sementes do Cerrado se comportaram de forma mais sensíveis à dessecação do que aquelas oriundas do Campo Rupestre e da mata ciliar. Entretanto, não houve perda total da germinabilidade de sementes do Cerrado durante a secagem, o que sugere que sementes desse ambiente apresentem pouca sensibilidade à dessecação, mas que parte das sementes ainda germina se secas rapidamente até 10% de umidade.

5 Conclusões

A secagem lenta não influenciou a germinabilidade das sementes em nenhuma dos ambientes analisados.

A secagem rápida resultou em redução na germinabilidade de sementes apenas naquelas oriundas do Cerrado.

Os resultados sugerem que sementes de *Tapirira obtusa* não apresentam sensibilidade à dessecação.

REFERÊNCIAS

ALPERT, P. The discovery, scope, and puzzle of desiccation tolerance in plants. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 151, p. 5-17, 2000.

ALPERT, P. The limits and frontiers of desiccation-tolerant life. **Integrative & Comparative Biology**, McLean, v. 45, p. 685-695, 2005.

BARBEDO, C. J.; BILIA, D. A. C. Evolution of research on recalcitrant seeds. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 55, Número Especial, p. 121-125, 1998.

BARBEDO, C. J.; MARCOS FILHO, J. Tolerância à dessecação em sementes. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 145-164, 1998.

BERJAK, P.; PAMMENTER, N. What ultrastructure has told us about recalcitrant seeds? **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 12, p. 22-55, 2000.

CARVALHO, L. R. d. **Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais quanto à capacidade de armazenamento**. 2000. 97 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

CHAGAS, R. K. et al. Dinâmica de populações arbóreas em um fragmento de floresta estacional semidecidual montana em Lavras, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 39-57, 2001.

CORREIA, S. D. et al. Alkyl phenols and derivatives from *Tapirira obtusa*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 56, n. 7, p. 781-784, 2001.

CORREIA, S. D. J. et al. Flavonóides, norisoprenóides e outros terpenos das folhas de *Tapirira guianensis*. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 8, p. 2056-2059, 2008.

CORREIA, S. D. J. et al. Constituintes das cascas de *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae). **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 36-38, 2003.

CORREIA, S. D. J. et al. Metabólitos secundários de espécies de Anacardiaceae. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1287-1300, 2006.

DAVIDE, A. C. et al. Classificação fisiológica de sementes de espécies florestais pertencentes à família Lauraceae quanto à capacidade de armazenamento. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 29-35, 2003.

DAWS, M. I. et al. Seed mass variation potentially masks a single critical water content in recalcitrant seeds. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 14, n. 2, p. 185-195, 2004.

DAWS, M. I. et al. Prediction of desiccation sensitivity in seeds of woody species: A probabilistic model based on two seed traits and 104 species. **Annals of Botany**, v. 97, n. 4, p. 667-674, 2006.

DELPH, L. F. et al. How environmental factors affect pollen performance: ecological and evolutionary perspectives. **Ecology**, Washington, v. 78, n. 6, p. 1632-1639, 1997.

ELLIS, R. H. et al. An intermediate category of seed storage behavior? **Journal of Experimental Botany**, Lancaster, v. 41, n. 230, p. 1167-1174, 1990.

FENNER, M. The effect of parental environment on seed germinability. **Seed Science Research**, Cambridge, v. 1, p. 75-55, 1991.

HONG, T. D.; ELLIS, R. H. A protocol to determine seed storage behavior. **International Plant Genetic Resources Institute**, Rome, v. n/d, n. 1, p. 1996.

JOSÉ, A. C. et al. Classificação fisiológica de sementes de cinco espécies

arbóreas de mata ciliar quanto a tolerância à dessecação e ao armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 2, p. 171-178, 2007.

LORENZI, H. **Arvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas no Brasil**. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 352 p.

MUXFELDT, R. E. **Sensibilidade à dessecação em sementes de jambolão (*Syzygium cumini*) e canela-batalha (*Cryptocarya ascherosiana*)**. 2008. 55 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

OLIVEIRA, H. M. et al. Comportamento germinativo de sementes de *Talisia subalbans* (Mart.) Radlk. (Sapindaceae) submetidas a diferentes temperaturas de condições de secagem. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 2, p. 391-396, 2009.

PAMMENTER, N. W.; BERJAK, P. A review of recalcitrant seed physiology in relation to desiccation-tolerance mechanisms. **Seed Science Research**, Massachusetts, v. 9, p. 13-37, 1999.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. 1. ed. Vienna, Austria: 2010.

ROBERTS, E. H. Predicting the storage life of seeds. **Seed Science and Technology**, Bassersdorf, v. 1, p. 39-52, 1973.

SILVA, C. T. D. et al. Avaliação temporal da florística arbórea de uma floresta secundária no município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 429-441, 2004.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. Anacardiaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2010/FB004409>>. Acesso em: Ago. 2010.

SOUZA, P. B. D. et al. Grupos ecológicos da série sucessional de uma floresta estacional semidecidual submontana, zona de amortecimento do Parque Estadual do Rio Doce, MG. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 222-224, 2007.

STEARNS, F. Effects of Seed Environment During Maturation on Seedling Growth. **Ecology**, Washington, v. 41, n. 1, p. 221-222, 1960.

TERRAZAS, T.; WENDT, T. Systematic wood anatomy of the genus *Tapirira* Aublet (Anacardiaceae) - a numerical approach. **Brittonia**, Nova Iorque, v. 47, n. 2, p. 109-129, 1995.

TOMPSETT, P. B.; PRITCHARD, H. W. Water status changes during development in relation to the germination and desiccation tolerance of *Aesculus hippocastanum* L. seeds. **Annals of Botany**, Londres, v. 71, n. 2, p. 107-116, 1993.

TWEDDLE, J. C. et al. Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. **The Journal of Ecology**, Londres, v. 91, n. 2, p. 294-304, 2003.

WEINER, J. et al. How important are environmental maternal effects in plants? A study with *Centaurea maculosa*. **Journal of Ecology**, Londres, v. 85, n. 2, p. 133-142, 1997.

WULFF, R. D. Seed size variation in *desmodium paniculatum*: II. Effects on seedling growth and physiological performance. **Journal of Ecology**, Londres, v. 74, n. 1, p. 99-114, 1986.