



Germinação de Duas Espécies de Palmeiras (*Geonoma brevispatha* e *Euterpe edulis*) de uma Floresta Paludícola no Sudeste do Brasil.

Priscila Brochado Gomes
Orientador: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins
Co-orientador: Prof. Dr. Ivany Ferraz Marques Válio

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Biologia como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida pelo(a) candidato (a) Priscila Brochado Gomes e aprovada pela Comissão Julgadora.

Fernando R. Martins
12/03/03

Campinas - São Paulo
Março de 2003

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE	BE
Nº CHAMADA	F/UNICAMP
	Q285g
V	D Ex
TOMBO BCI	54649
PROC.	16-124103
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	16/07/03
Nº CPD	

BIBID. 296153

CM00186346-9

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE BIOLOGIA - UNICAMP**

G585g **Gomes, Priscila Brochado**
 Germinação de duas espécies de palmeiras (*Geonoma brevispatha* e *Euterpe edulis*) de uma floresta paludícola no Sudeste do Brasil/Priscila Brochado
 Gomes. --
 Campinas, SP:[s.n.], 2003.

Orientador: Fernando Roberto Martins
 Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
 Instituto de Biologia.

1. Germinação. 2. Palmeiras - Brasil. I. Gomes, Priscila Brochado. II. Martins, Fernando Roberto. III. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Biologia. IV. Título.

Data da defesa: 12/03/2003

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Roberto Martins

Fernando R. Martins

Prof. Dr. Victor José Mendes Cardoso

Victor José Mendes Cardoso

Profa. Dra. Claudia Regina Baptista Haddad

Haddad

SUPLENTE

Profa. Dra. Marlene Aparecida Schiavinato

53/11/03

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Paulo e Maria Luisa...*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível graças ao apoio de algumas pessoas e instituições. Por isso gostaria de agradecer:

Aos queridos professores Fernando e Ivany, pela orientação e ensinamentos...

Ao Flavio pelos livros, artigos, críticas e sugestões, desde o início...

Ao Valdevino e Renato (Pezão) por me auxiliarem na difícil tarefa de “catar coquinho”...

À Dionete Santin por me apresentar ao brejo e à *Geonoma brevispatha*...

Ao Milton, meus pais e minhas irmãs por passarem horas comigo descascando centenas de coquinhos...

Aos funcionários e professores da Fisiologia Vegetal, em especial à Cláudia, Ivany, Denise, Dulce, Néia e Seu Domingos, por me fazerem sentir parte daquele departamento...

Aos professores Cláudia Haddad, Fabio Scarano e Vitor Cardoso pelas valiosas sugestões durante a pré-banca...

Ao Trigo pela câmera fotográfica...

Ao Cláudio, meu fotógrafo particular...

Aos colegas da Botânica, Ecologia e Fisiologia Vegetal pelo convívio...

Aos meus queridíssimos amigos por todos os bons momentos...

À Capes pela bolsa e auxílio tese, sem os quais este trabalho não seria possível...

À Fundação José Pedro de Oliveira por me autorizar o trabalho na Mata de Santa Genebra...

À Unicamp, por tudo que tem me ensinado desde 1992...

Às minhas irmãs, Deda e Keka, por estarem sempre comigo...

Aos meus pais pelo incentivo, apoio, amor, ensinamentos... por tudo e mais um pouco.

ÍNDICE

RESUMO	1
ABSTRACT	4
INTRODUÇÃO GERAL	7
A germinação das sementes	9
A floresta paludícola	4
As palmeiras	18
Objetivo	24

CAPÍTULO I

Germinação de *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. (Arecaceae), uma espécie peculiar de florestas paludícolas.

Resumo	27
Introdução.....	28
Métodos.....	29
• exigência de luz e a influência do regime de temperatura	30
• efeito do volume de água no substrato	30
• viabilidade em água	31
• resistência à dessecação.....	31
Resultados.....	33
• exigência de luz e a influência do regime de temperatura	33
• efeito do volume de água no substrato	34
• viabilidade em água	35
• resistência à dessecação.....	36
Discussão.....	37

CAPÍTULO II

Germinação de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em diferentes condições de água, temperatura e luz.

Resumo	43
Introdução.....	44
Métodos.....	45
• exigência de luz e a influência do regime de temperatura	46
• efeito do volume de água no substrato	47
• viabilidade em água.....	47
• resistência à dessecação.....	48
Resultados.....	49
• exigência de luz e a influência do regime de temperatura	50
• efeito do volume de água no substrato	51
• viabilidade em água.....	52
• resistência à dessecação.....	53
Discussão.....	54
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
LITERATURA CITADA	61

RESUMO

As florestas paludícolas desempenham importante função na regularização dos regimes hídricos. Esse tipo de formação, porém, está cada vez mais raro no Brasil e, portanto, pesquisas que contribuam para ampliar o conhecimento sobre a estrutura desse ecossistema tornam-se cada vez mais urgentes. Estudos revelam que as palmeiras são comuns nos ambientes paludícolas. Na área paludícola da Reserva Municipal de Santa Genebra as palmeiras *Geonoma brevispatha* e *Euterpe edulis* são abundantes. A primeira é encontrada apenas nos locais mais úmidos da área e está sempre associada a florestas paludícolas ou ripícolas. A segunda, uma espécie típica da Serra do Mar, ocorre nas áreas com umidade intermediária, nem encharcadas nem secas, da mata paludícola da Santa Genebra. Neste estudo, as respostas germinativas das duas espécies foram examinadas em relação a alguns dos principais fatores ambientais aos quais as sementes estão sujeitas em seus habitats, como a sobrevivência em água, sua resistência à desidratação, a capacidade de germinar em diferentes volumes de água no substrato, em diferentes condições de luz e à temperatura constante e alternada. Tivemos como objetivo principal verificar se a resposta germinativa das espécies poderia explicar o padrão espacial das palmeiras na Reserva Municipal de Santa Genebra e a sua ocorrência em outras matas paludícolas. Como objetivo subsidiário, esperamos contribuir para o entendimento da dinâmica dessas comunidades florestais e, conseqüentemente, para seu manejo e recuperação. Ambas as espécies possuem sementes recalcitrantes, que perdem a viabilidade se desidratadas a partir de um valor crítico. A germinação das duas espécies ocorreu com sucesso tanto no claro quanto no escuro, o mesmo ocorrendo quando comparada a germinação sob temperatura constante ou alternada. As

sementes de *Geonoma brevispatha* germinaram da mesma forma sobre papel de filtro umedecido, com água até metade do diâmetro da semente e com água cobrindo o dobro do diâmetro da semente. Já em *Euterpe edulis*, a germinação foi menor quando as sementes estavam submersas com água até o dobro do diâmetro da semente em relação à germinação sobre papel de filtro umedecido, mas, mesmo assim, no primeiro caso mais que 40% das sementes germinaram. Nenhuma semente das duas espécies germinou quando armazenadas em vidro fechado com água (portanto sob uma baixa concentração de oxigênio), mas as sementes permaneceram viáveis por algumas semanas sob esta condição. *Geonoma brevispatha* e *Euterpe edulis* possuem sementes com algumas características comuns às sementes de espécies florestais dos estádios finais de sucessão. Além disso, apresentam estratégias que possibilitam sua reprodução por sementes em um ambiente onde a saturação hídrica do solo atua como um fator limitante.

ABSTRACT

The hygrophilous, or swamp, forests exert an important function in the regularization of the river regime. This vegetation type, however, is becoming rarer due to its destruction, and any research that could contribute to the knowledge of this ecosystem is urgent. Studies reveal that palms are common in swamp environments. In the swamp area of Santa Genebra Municipal Reserve the palms *Geonoma brevispatha* and *Euterpe edulis* are abundant. The former occurs only in wetter areas of the Santa Genebra swamp, and has swamp or riparian forests as its natural habitat. The latter, a typical species of the Mata Atlântica, occurs in areas of intermediate moisture, neither flooded nor dry in the Santa Genebra swamp. In floodplains, the flooding and the light availability together can determine spatial patterns of tree distribution by causing differential germination. In this thesis the germination responses of these species were examined in relation to the main environmental factors to which the seeds are subjected in their habitat, like survival in water, resistance to dehydration, germination capacity in different volumes of water, conditions of light and darkness, and constant and alternated temperature. The main objective was to verify whether the germinative responses of this species could explain the spatial pattern of the palms in the Santa Genebra swamp and their occurrence in others swamp forests. We also aimed to contribute to the knowledge of the dynamics in these forest communities and, consequently, to its management and conservation. *Geonoma brevispatha* and *Euterpe edulis* seeds are recalcitrant because they lost the viability after dehydrated. Light and alternated temperature were not required for germination of these species. The germination of *G. brevispatha* seeds was not different in moist filter paper, semi-immersion (water up to half of seed diameter) or immersion (water up to the

double of seed diameter). In *E. edulis* the germination was lower when the seeds were immersed than in moist filter paper, but in immersion, 40% of the seeds germinated. The seeds did not germinate when stored in closed bottle with water (however, under a low oxygen concentration), but kept viable for some time under this condition. The germinative responses of the species may permit their reproduction in a flooded forest; therefore, they are indicated to be used in swamp forests regeneration programs.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a atenção da comunidade científica e da sociedade em geral tem se voltado cada vez mais à conservação e exploração racional dos recursos naturais. Esse interesse tem coincidido com o período de maior pressão da sociedade sobre os sistemas naturais, levando à necessidade de conhecer os elementos que os compõem. No estado de São Paulo, a ação antrópica tem sido a responsável pela redução da cobertura florestal, que, no final do século XIX, correspondia a cerca de 83% da área do estado (Victor 1975). Atualmente, apenas 9% a 12% da vegetação original permanecem sob a forma de pequenos fragmentos (São Paulo 1997).

Os fragmentos de áreas paludícolas estão cada vez mais raros e menores, devendo, por essa razão, merecer especial atenção na implementação de medidas de preservação e recuperação. A devastação da vegetação primitiva remanescente situada ao longo dos cursos d'água e áreas paludícolas tem acarretado, no estado de São Paulo, numa série de impactos ambientais negativos, entre eles o assoreamento dos rios, o rebaixamento do lençol freático e o desaparecimento das nascentes e dos brejos (Torres *et al.* 1992). Além disso, não são conhecidas técnicas para a recuperação desse ecossistema, tão fortemente ameaçado (Santin 1999).

O conhecimento da biologia de sementes é essencial para entender processos operantes no nível da comunidade, como o estabelecimento de plantas, sucessão e regeneração natural (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). Portanto estudos sobre estratégias germinativas de espécies de plantas em áreas alagadas são de grande importância para o entendimento da dinâmica dessas

comunidades florestais e, conseqüentemente, para o manejo e recuperação dessas comunidades.

A germinação das sementes

A ocorrência de uma espécie de planta em um determinado ambiente depende, inicialmente, da capacidade de suas sementes chegarem e germinarem em micro-sítios adequados dentro desse ambiente. As sementes possuem características morfológicas e fisiológicas que podem, em parte, decorrer de respostas a pressões seletivas do ambiente ou do ambiente passado da planta (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). As estratégias de germinação das plantas estão intimamente associadas a restrições ecológicas que existem em seus habitats particulares (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). A grande diversidade da floresta tropical é refletida em uma grande variedade de estratégias de germinação (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). Luz, temperatura, umidade e oxigênio são os principais fatores ambientais que afetam a germinação de uma semente (Garwood 1983, Hyereh *et al.* 1999, Kozlowski *et al.* 1991, Válio & Scarpa 2001, Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993).

As sementes das espécies climácicas da floresta tropical úmida podem germinar sob as condições de pouca luminosidade do interior da floresta, enquanto as espécies pioneiras requerem alta intensidade de luz, associada com presença de clareiras, para a germinação e estabelecimento de plântulas. Apesar de algumas espécies climácicas germinarem em clareiras e algumas pioneiras germinarem na sombra, sombra e clareira são geralmente ótimas para a

germinação de espécies climácicas e pioneiras, respectivamente (Baskin & Baskin 1998).

O súbito estabelecimento de um regime de alternância de temperatura característico de muitas clareiras é também um sinal para a germinação de algumas sementes. O requerimento de alternância de temperatura e luz representa uma adaptação de espécies com sementes pequenas para assegurar que a germinação possa ocorrer na superfície do solo das clareiras (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993).

A temperatura afeta também tanto a capacidade quanto a taxa de germinação. As sementes têm a capacidade de germinar em uma faixa definida de temperatura, característica para cada espécie. Dessa forma, existe uma temperatura máxima e uma mínima para a germinação e entre elas uma temperatura, ou uma faixa de temperatura, ótima na qual ocorre a germinação do maior número de sementes no menor intervalo de tempo (Probert 1993).

As sementes de muitas espécies não são dormentes e podem germinar sob uma ampla faixa de temperatura. Parece que, neste caso, o principal, ou talvez o único, determinante da germinação é a disponibilidade de água. O processo de absorção de água é freqüentemente apontado como a marca do início da germinação (Labouriau 1983). Alguns estudos indicam que o máximo da germinação de sementes em florestas tropicais sazonais se dá depois do início da estação chuvosa. O cedro (*Cedrela odorata*) e o mogno *Swietenia macrophylla* são bons exemplos de espécies com sementes dispersas pelo vento, liberadas com baixo teor de umidade, para as quais o principal limitante da germinação é a disponibilidade de água no solo (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). Essas

sementes permanecem no solo em um estado de quiescência e germinam prontamente quando o ambiente torna-se úmido.

Como as sementes florestais geralmente localizam-se na superfície do solo, o balanço entre o ganho de umidade do solo e a perda por transpiração determina o momento no qual a semente está úmida o suficiente para iniciar a germinação. Esse fator pode estar associado à extensão da germinação de uma coorte de sementes durante um período de tempo, um fenômeno freqüente no campo. Em alguns casos, as sementes têm que ser cobertas pela serapilheira ou parcialmente enterradas para germinarem. Essas condições podem produzir uma melhoria no balanço hídrico entre o solo e a semente, eventualmente implicando no total embeбimento do embrião (Baskin & Baskin 1998).

Muitas sementes da floresta tropical, denominadas de sementes recalcitrantes, têm um alto conteúdo (30 a 70%) de umidade na época da maturação (Baskin & Baskin 1998). Por causa do metabolismo contínuo destas sementes, elas perdem a viabilidade se a umidade diminuir abaixo de um certo valor crítico antes de a germinação ocorrer, ou quando aquecidas pela insolação direta em áreas abertas. São apontadas como características de espécies não pioneiras (Baskin & Baskin 1998).

Outras sementes, denominadas ortodoxas, podem tolerar vários níveis de desidratação, quando situadas no solo. Estas sementes têm um baixo conteúdo de umidade (15-20%) e podem tolerar desidratação a menos que 5%, sem perder a viabilidade. Entre elas a germinação é demorada, até ocorrer um aumento na umidade do solo. São associadas com espécies pioneiras (Baskin & Baskin 1998).

A germinação das sementes, na maioria das espécies, é diminuída se a concentração de oxigênio for menor que a do ar. A entrada do oxigênio na semente pode ser impedida pela presença de um tegumento impermeável ou pela baixa concentração deste gás no substrato, como ocorre em ambientes com solo inundado (Crawford 1992). A saturação hídrica do solo causa falta de aeração e implica em um ambiente muito especial, que restringe a ocorrência de muitas espécies de plantas (Ivanauskas *et al.* 1997, Joly 1996). Nessas condições, tanto a germinação das sementes quanto o crescimento das plantas podem ser comprometidos, dependendo da espécie e da duração da inundação (Kozlowski 1984).

A função do oxigênio como um determinante ecológico para a germinação de plantas de áreas inundadas varia entre as diferentes espécies. Sementes da árvore *Nyssa sylvatica* var. *biflora*, nativa das terras úmidas tropicais e subtropicais, não germinam quando a inundação está alta, mas germinam prontamente quando a inundação diminui. As sementes germinam na água, mas a germinação é aumentada pela aeração (DeBell & Naylor 1972). Em alguns casos, um período de submersão pode aumentar a subsequente germinação pós-inundação, como em *Panicum laxum*, uma herbácea nativa da América Central e do Sul (Cole 1977). A maioria das espécies de árvores de margens de rio necessita de um abaixamento do nível do rio para a germinação e estabelecimento de plântulas (Crawford 1992).

A dependência do oxigênio para a germinação de algumas espécies aquáticas é freqüentemente combinada com a capacidade de associar a aeração com outras variáveis ambientais. Algumas sementes de espécies aquáticas são

estimuladas a germinar por alternância de temperatura como indicativo de um nível mais raso de água e usualmente melhor oxigenação. Uma dupla confirmação da diminuição da inundação pode ser sentida pela semente por meio da presença de luz junto com a flutuação da temperatura (Crawford 1992).

Por outro lado, para algumas espécies do gênero *Inga*, como *Inga vera* e *Inga laurina*, a submersão não inibe o potencial nem a velocidade de germinação (Okamoto 1998). Já algumas espécies hidrófitas germinam melhor se houver uma redução na disponibilidade de oxigênio. Este requerimento é particularmente característico de hidrófitas enraizadas (submersas fixas). As sementes destas espécies podem ser dispersas pela flutuação, mas a germinação é atrasada até que a semente afunde (Crawford 1992). A mais extrema condição é encontrada na espécie de água salgada, *Najas marina*, cuja germinação só ocorre em completa ausência de oxigênio (Van Vierssen 1982).

No outro extremo, encontram-se as espécies que não toleram o alagamento do solo, para as quais apenas alguns dias de submersão são suficientes para inibir completamente a germinação (Marques & Joly 2000). Um exemplo é *Talauma ovata*, encontrada em florestas higrófilas, cujas sementes são dispersas na estação seca e não só deixam de germinar, como perdem a viabilidade, se mantidas submersas (Lobo & Joly 1996). Outras espécies têm como estratégia a deposição das sementes em locais seguros para a germinação, como ocorre com *Tabebuia cassinoides*, uma espécie encontrada em áreas paludosas na Floresta Atlântica. Esta espécie domina uma área permanentemente inundada da mata e suas sementes germinam nos tanques das rosetas da bromélia *Nidularium procerum*, o que favorece o estabelecimento de plântulas (Scarano *et al.* 1997).

Considerando os problemas fisiológicos para a germinação em ambientes pobres em oxigênio, não é de se surpreender que a propagação por sementes não seja o método de dispersão mais freqüente em plantas aquáticas (Crawford 1992). Assim, habitats aquáticos e anfíbios têm comumente espécies de plantas com a capacidade de reproduzir-se alternativamente, ou exclusivamente, por reprodução assexuada (Crawford 1992, Scarano *et al.* 1997).

A floresta paludícola

As florestas paludícolas, também denominadas florestas latifoliadas higrófilas, representam uma categoria especial das florestas inundadas (Rizzini *et al.* 1988). Essas matas, estabelecidas sobre solos hidromórficos (Orgânicos, Gleissolos, Neossolos Flúvicos, Hidromórficas, Plintossolos e outros), estão sujeitas à presença de água superficial em caráter permanente (Ivanauskas *et al.* 1997). Restringem-se às áreas de várzeas ou planícies de inundação, em terrenos baixos, mais ou menos planos, que se encontram junto às nascentes ou em situações bem definidas nas margens de rios, lagos ou depressões naturais (Bacon 1990), onde a saturação hídrica do solo é consequência do afloramento da água do lençol freático (Toniato *et al.* 1998).

A superfície do solo é sempre irregular, apresenta muitos sulcos ou canais superficiais que possibilitam a movimentação da água pelo terreno, por onde a água escoar com certa orientação. Estes canais delimitam porções de solo mais elevadas, os montículos ou murundus, que apresentam formas e dimensões variadas, sobre as quais a vegetação se desenvolve (Santin 1999). Por serem

restritas a áreas de solo encharcado, que representam, portanto, um ambiente naturalmente fragmentado, as matas paludícolas apresentam peculiaridades florísticas, estruturais e fisionômicas (Toniato *et al.* 1998).

A saturação hídrica do solo conduz a processos físico-químicos e biológicos que influenciam na qualidade do solo como meio para o desenvolvimento das plantas (Marques 1994). Durante o alagamento, ocorre uma diminuição da troca gasosa entre o solo e o ar, causada pela baixa difusão do oxigênio na água. Com isso, o oxigênio é rapidamente consumido e surgem gases como nitrogênio, gás carbônico, hidrogênio e amônia, além de vários outros compostos que podem atingir níveis tóxicos para as plantas (Ponnamperuma 1984). Nessas condições, tanto a germinação das sementes quanto o desenvolvimento das plantas podem ser comprometidos, dependendo da espécie em questão e do período de inundação (Kozlowski 1984). Poucas espécies desenvolveram adaptações que possibilitam sua sobrevivência em ambientes alagados (Joly 1991), por isso, as paludícolas são florestas de baixa diversidade (Leitão-Filho 1982).

Deste modo, a saturação hídrica do solo seria o principal fator atuando na seleção natural das espécies, que apresentariam diferentes comportamentos frente a essa situação. Algumas espécies só ocorrem em ambientes com elevada saturação hídrica, enquanto outras espécies só ocorrem em solos bem drenados (Ivanauskas *et al.* 1997). Torres *et al.* (1992) dividiram as espécies que compõem as florestas paludícolas em peculiares ou complementares. As espécies peculiares de floresta paludícola são as características dessa formação florestal e não ocorrem em locais mais secos. As espécies complementares são aquelas que podem aparecer nas florestas paludícolas, mas ocorrem preferencialmente em

áreas mais secas, onde nunca ocorre encharcamento do solo, ou em áreas com encharcamento temporário do solo, como em matas ciliares. Comum a ambos os grupos seria o fato de essas espécies apresentarem algumas formas de adaptações ecofisiológicas para sobreviverem e se reproduzirem com eficiência distinta em solos sujeitos à elevada saturação hídrica (Ivanauskas *et al.* 1997). Devido à restrição ambiental, na floresta paludícola ocorre a predominância de poucas famílias, em sua maioria representadas por uma única espécie com número elevado de indivíduos. Entre elas destacam-se Clusiaceae, Burseraceae e Arecaceae (Toniato *et al.* 1998).

A floresta paludícola da Reserva Municipal de Santa Genebra

A Reserva Municipal de Santa Genebra (22°49'45''S; 47°06'33''W), localizada no município de Campinas, estado de São Paulo, é um fragmento de 250 ha de floresta tropical semidecídua. Nesta reserva, existe uma área, de aproximadamente 10 ha, de floresta paludícola. Esta área é caracterizada por uma vegetação predominantemente arbórea, estabelecida sobre solo encharcado durante o ano todo e topografia relativamente plana. Nessa mata, o processo de perda e reposição das folhas não está concentrado em uma estação, dando um caráter perenifólio à vegetação. Fisionomicamente, os estratos arbustivo e herbáceo são pouco densos. Esse fragmento apresenta trechos bem preservados e trechos com evidentes perturbações antrópicas.

O solo hidromórfico apresenta micro-relevo irregular. As plantas se distribuem sobre montículos (murundus) de 20 a 50 cm de altura e 0,5 m a 2 m de diâmetro, que constituem as partes emersas e mais altas do micro-relevo e

formam pequenas e numerosas ilhas de vegetação. As porções mais baixas são permanentemente alagadas devido ao afloramento da água do lençol freático. O nível da água superficial geralmente não atinge a base do caule dos indivíduos arbóreos. No espaço entre os montículos formam-se as linhas de drenagem do terreno (Toniato *et al.* 1998; Figura 1).



Figura 1 - Imagem mostrando o solo alagado na floresta paludícola da Reserva Municipal de Santa Genebra. A seta indica uma porção de solo mais elevada (murundu) onde a vegetação se estabelece. (Foto C.J. Corrêa)

O sub-bosque apresenta grande abundância de *Geonoma brevispatha* (Arecaceae), uma palmeira cespitosa. Além desta espécie, representantes dos gêneros *Hedyosmum* (Chloranthaceae), *Piper* (Piperaceae), *Psychotria* (Rubiaceae), *Cestrum* (Solanaceae), *Miconia* (Melastomataceae) e *Ruellia*

(Acanthaceae) compõem a vegetação herbáceo-arbustiva dessa área (Spina 1997). As árvores maiores atingem cerca de 12 m, e a altura do dossel varia em torno de 7 a 9 m. Destacam-se *Cedrela odorata* (Meliaceae), *Inga luschnathiana* (Mimosaceae), *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), *Protium almecega* (Burseraceae), *Callophyllum brasiliense* (Clusiaceae), *Styrax pohlii* (Styracaceae), *Tapirira guianensis* (Anacardeaceae), *Talauma ovata* (Magnoliaceae) e *Syagrus romanzoffiana* e *Euterpe edulis* (Arecaceae) (Toniato *et al.* 1998, Carvalho *et al.* 1999).

As palmeiras

As palmeiras (Arecaceae) existem quase que exclusivamente nos trópicos, onde se diversificaram em dezenas de gêneros e centenas de espécies e têm ocupado vários tipos de habitats (Henderson *et al.* 1995). A importância ecológica das palmeiras tem uma longa história nas Américas, onde seu domínio na vegetação existe há pelo menos 71 milhões de anos. Na América do Sul, registros de pólen indicam a presença de vários tipos de palmeiras desde o Cretáceo superior. A sua longa história na floresta úmida neotropical tem permitido às palmeiras adaptarem-se às condições particulares existentes e tem permitido a outros componentes do ecossistema da floresta adaptarem-se às palmeiras (Svenning 2001).

Padrões de diversidade e abundância de palmeiras em escala geográfica nos neotrópicos são primariamente relacionados com o total e a sazonalidade da precipitação e temperatura, e secundariamente com condições edáficas (Svenning

2001). Nos neotrópicos, ocorre um aumento na riqueza de espécies com o aumento da precipitação e as palmeiras seguem esta tendência. A riqueza de espécie e a densidade local de palmeiras são maiores nas regiões úmidas da Amazônia central e ocidental do que na Amazônia oriental, mais seca (Kahn et al. 1988, Kahn & de Granville 1992). No Equador, a riqueza de espécies de palmeiras aumenta com o aumento da precipitação e a ausência de estação seca (Borchsenius & Skov 1997). A baixa tolerância à seca de muitas espécies de palmeiras é ilustrada pelo declínio da maioria das populações em uma floresta panamenha, submetida à seca crescente (Condit et al. 1996). No Equador, a riqueza de espécies de palmeiras aumenta com a média anual de temperatura (Borchsenius & Skov 1997). Além da precipitação e temperatura, a diversidade de palmeiras neotropicais está também relacionada às condições edáficas, sendo as palmeiras especialmente ricas em espécies em solos bem drenados, não alagados e férteis (Kahn et al. 1988, Kahn & de Granville 1992). Porém, os ecossistemas mais fortemente dominados por palmeiras são áreas alagadas e pântanos (Svenning 2001).

Variações microtopográficas afetam a distribuição e a abundância de palmeiras em áreas paludícolas e planícies inundadas, provavelmente em decorrência de diferentes graus de tolerância à inundação e à seca. Em uma área da Amazônia central, a distribuição das espécies de palmeiras foi fortemente relacionada à drenagem do solo. Na escarpa e no platô de uma seqüência topográfica, onde o solo é bem drenado, *Astrocaryum sociale* e *Attalea attaleoides* dominavam o sub-bosque; *Syagrus inajai*, *Astrocaryum muncaba* e *Oenocarpus minor* foram espécies freqüentes neste local. Na zona de transição, entre a

escarpa e o igarapé, onde o solo é pobremente drenado, mas não totalmente inundado, *Attalea spectabilis* e *Astrocaryum acaule* foram abundantes no sub-bosque, local onde ocorreram com exclusividade. Nos igarapés, onde o solo é inundado, as espécies de dossel, *Mauritia acauleata* e *Euterpe precatoria*, foram componentes importantes (Kahn & Castro 1985). Em uma floresta da Guiana Francesa, a mudança nas espécies de palmeiras de sub-bosque foi concomitante com a mudança na drenagem do solo. Em solos bem drenados, as palmeiras de sub-bosque foram representadas por *Astrocaryum paramaca*, *Scheelea* sp. e plântulas de *Jessenia bataua*. Em solos pobremente drenados houve apenas uma espécie de palmeira, *Geonoma oldemanii*, onde formava uma densa população (Kahn & de Granville 1992).

A inundação pode afetar a germina o e a performance de plântulas e adultos de palmeiras, mas a sensibilidade   inunda o varia entre as espécies (Svenning 2001). A sobrevivência de plântulas de *Iriartea deltoidea* em uma planície alagada da Amazônia foi correlacionada negativamente com o nível de alagamento, e a variabilidade na inunda o causou uma heterogeneidade temporal e espacial na sobrevivência (Losos 1995). Em contraste, a inunda o não afetou a sobrevivência de plântulas de *Astrocaryum murumuru* var. *murumuru* no mesmo local (Losos 1995).

Geonoma brevispatha

O gênero *Geonoma* é um dos maiores entre as palmeiras das Américas, possuindo 55 espécies distribuídas por toda a América tropical. São típicas do sub-bosque das florestas em áreas com alta precipitação, onde estão, geralmente, entre as plantas mais comuns (Henderson *et al.* 1995). A guaricanga-do-brejo *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. (Figura 2) é uma palmeira de sub-bosque de 1-4 m de altura e 2,5-4 cm de diâmetro do estipe. Possui caules múltiplos formando geralmente grandes touceiras. Apresenta de 7-12 folhas com 40-60 cm de comprimento, divididas em inúmeros segmentos (Henderson *et al.* 1995). Reproduz-se através de sementes ou vegetativamente. As inflorescências têm de 7 a 15 ramos, a frutificação ocorre de novembro a fevereiro e o fruto maduro é negro, globoso, com aproximadamente 1 cm de diâmetro (Lorenzi *et al.* 1996; Figura 3).

Geonoma brevispatha, segundo a classificação de Torres *et al.* (1992), é uma espécie peculiar da floresta paludícola. Ocorre nas áreas mais alagadas de matas paludícolas do sudeste do Brasil, mostrando sua dependência de lugares mais úmidos. Na mata paludícola da Reserva Municipal de Santa Genebra, *Geonoma brevispatha* é um dos principais componentes do sub-bosque, onde ocorre agrupada nos locais de solo encharcado.



Figura 2 – *Geonoma brevispatha* na Reserva Municipal de Santa Genebra. (Foto: C.J. Corrêa)

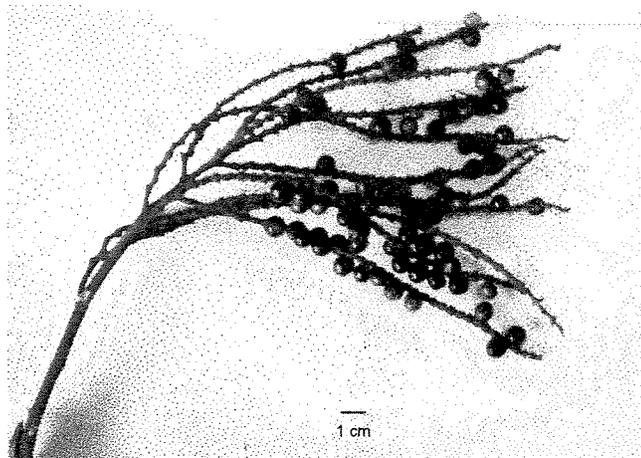


Figura 3 – Frutos de *Geonoma brevispatha*. (Foto: P.B. Gomes)

Euterpe edulis

O gênero *Euterpe* contém sete espécies distribuídas pelas Américas Central e do Sul (Henderson *et al.* 1995). O palmitheiro, *Euterpe edulis* Martius (Figura 4), é uma palmeira de sub-bosque, de 5-12 m de altura e 10-15 cm de diâmetro do estipe, com um caule único e fino e folhas pinatissectas (Henderson *et al.* 1995). Da parte apical do caule desta palmeira, que corresponde ao meristema apical e às novas folhas em desenvolvimento, é extraído o palmito, um produto muito apreciado comercialmente (Reis *et al.* 2000). Como *E. edulis* possui um único caule, a extração do palmito resulta na morte da planta (Silva Matos *et al.* 1999). O extrativismo intensivo tem levado ao declínio da palmeira em várias regiões e a maioria das populações sobreviventes é pequena e fragmentada (Silva Matos & Watkinson 1998). O palmitheiro frutifica de maneira abundante nos meses de dezembro a junho (Silva Matos & Watkinson 1998). O fruto é arredondado, negro ou violáceo durante a maturação, com aproximadamente 1 cm de diâmetro (Lorenzi *et al.* 1996).

Euterpe edulis tem ampla distribuição pelo Brasil, abrangendo as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e parte da Bahia, atingindo ainda a Argentina e o Paraguai. Encontra condições ótimas de desenvolvimento na Serra do Mar, principalmente no litoral sul de São Paulo, e sua presença no interior paulista se deve à boa distribuição das chuvas ou a solos úmidos (Silva 1991). É muitas vezes encontrada em áreas paludícolas (Silva Matos *et al.* 1999), onde pode ser considerada, pela classificação de Torres *et al.* (1992), uma espécie complementar. Uma densa população de *Euterpe edulis* ocupa cerca de 2 ha da

floresta paludícola da Reserva Municipal de Santa Genebra, onde ocorre em uma área de umidade intermediária do solo, nem encharcada nem seca (Silva 1991).



Figura 4 – População de *Euterpe edulis* na Reserva Municipal de Santa Genebra. (Foto: C. J. Corrêa)

OBJETIVO

Tivemos como objetivo principal deste trabalho responder à seguinte pergunta: a resposta germinativa de *Geonoma brevispatha* e *Euterpe edulis* em relação a alguns dos principais fatores ambientais, aos quais as sementes estão sujeitas em seus habitats, poderia explicar o padrão espacial dessas espécies na Reserva Municipal de Santa Genebra e sua ocorrência em outras florestas paludícolas? Como objetivo subsidiário pretendemos contribuir para o conhecimento de estratégias adaptativas de espécies neotropicais à inundação.

CAPÍTULO I

Germinação de *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr. (Arecaceae), uma espécie peculiar de florestas paludícolas.

Palavras-chave: floresta paludícola, *Geonoma brevispatha*, luz, palmeira, recalcitrância, resistência à inundação, resposta germinativa, semente, temperatura.

Priscila Brochado Gomes¹, Fernando Roberto Martins² & Ivany Ferraz Marques Válio³.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia – Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6109, Campinas 13083-970, SP, Brasil. E. mail: prigomes@hotmail.com.

² Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6109, Campinas 13083-970, SP, Brasil. E. mail: fmartins@unicamp.br.

³ Departamento de Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6109, Campinas 13083-970, SP, Brasil. E. mail: ivalio@bol.com.br.

RESUMO

Geonoma brevispatha é uma espécie peculiar de florestas paludícolas e ripárias, o que sugere sua dependência de habitats mais úmidos. A resposta germinativa dessa espécie foi examinada em relação a alguns dos principais fatores ambientais aos quais as sementes estão sujeitas em seus habitats. O objetivo deste estudo foi investigar se a resposta germinativa de *Geonoma brevispatha* poderia determinar, pelo menos parcialmente, o padrão espacial das palmeiras adultas, que ocorrem agrupadas nos locais de solo encharcado na floresta paludícola. As sementes de *Geonoma brevispatha* são recalcitrantes, pois a porcentagem de germinação diminui com a perda de água da semente. A presença de luz e a alternância de temperatura não são necessárias para a germinação dessa espécie, já que não houve diferença significativa com a germinação no escuro e em temperatura constante. Não foi encontrada diferença significativa na germinação das sementes sobre papel de filtro umedecido, em semi-imersão (água cobrindo metade do diâmetro da semente) e imersão (água até duas vezes o diâmetro da semente). As sementes não germinaram armazenadas em vidro fechado com água (portanto, com uma concentração de oxigênio muito baixa), mas permaneceram viáveis por até oito semanas sob esta condição. A capacidade de germinar mesmo dentro da água, desde que haja um mínimo de disponibilidade de oxigênio, pode ser considerada ecologicamente vantajosa no habitat paludícola. Por outro lado, a capacidade de germinar sobre papel de filtro umedecido indica que, em condições naturais, a semente pode germinar, desde que haja um mínimo crítico de disponibilidade hídrica.

INTRODUÇÃO

A guaricanga-do-brejo *Geonoma brevispatha* Barb. Rodr., uma espécie de sub-bosque, pode ser considerada típica de floresta inundada. Esta palmeira ocorre somente em florestas paludícolas e ripárias no sudeste e centro do Brasil e na Bolívia, Peru e Paraguai (Henderson *et al.* 1995), ocupando os locais de solo mais encharcados (Toniato *et al.* 1998). Na Floresta Paludícola da Reserva Municipal de Santa Genebra, a maioria dos indivíduos de *G. brevispatha* ocorre na interface entre os canais superficiais (solo permanentemente encharcado) e os murundus (solo bem drenado), portanto em local periodicamente sujeito à inundação (A.F. Souza, dados não publicados). Tal especificidade de habitat sugere sua dependência de locais mais úmidos.

O objetivo majoritário deste estudo foi investigar se a resposta germinativa de *Geonoma brevispatha* poderia determinar, pelo menos parcialmente, o padrão espacial das palmeiras na Reserva Municipal de Santa Genebra e sua ocorrência em outras florestas paludícolas. Como objetivo subsidiário, pretendemos contribuir para o conhecimento das estratégias adaptativas de espécies neotropicais à inundação. Para tanto, analisamos a resposta da semente quando submetida a condições artificiais semelhantes a alguns dos principais fatores ambientais aos quais as sementes estão sujeitas em seus habitats naturais, como a sobrevivência em água, sua resistência à desidratação, a capacidade de germinar em diferentes volumes de água no substrato, a resposta germinativa à luz e ao escuro e à temperatura constante e alternada. Tivemos as seguintes expectativas:

1. Por ser uma espécie do sub-bosque da floresta, ou seja, um local com pouca entrada de luz, as sementes de *Geonoma brevispatha* não necessitariam de luz e nem de alternância de temperatura para germinar.
2. Por ocorrerem em um ambiente onde a água não é um fator limitante, as sementes não teriam desenvolvido um mecanismo de resistência à desidratação, portanto seriam recalcitrantes.
3. Para o sucesso do estabelecimento em um ambiente paludícola, as sementes possuiriam algum mecanismo de sobrevivência e/ou germinação em submersão.
4. Devido à distribuição restrita a locais de solo sujeito a inundação, a capacidade de germinar em local apenas úmido seria menor que em ambientes inundados.

MÉTODOS

Os frutos foram coletados a partir de 15 indivíduos, em uma floresta paludícola, localizada no bairro Cidade Universitária (22°48'43"S; 47°03'55"W) em Campinas, estado de São Paulo. O período entre a coleta de frutos e a montagem dos experimentos não ultrapassou 48 horas. Para a obtenção das sementes limpas (assim denominado o conjunto endocarpo mais semente), os frutos foram beneficiados por fricção em peneira de malha de aço, sob água corrente. Foram tomadas medidas de diâmetro e comprimento, utilizando-se paquímetro, e massa fresca das sementes, através de uma balança semi-analítica. O teor de umidade

das sementes recém coletadas foi estimado a partir de medidas da massa fresca e da massa seca das sementes após secagem por no mínimo 48h em estufa a 80°C. O teor de umidade foi calculado sob base de massa fresca. Para o estudo de germinação, as sementes foram desinfetadas através de imersão durante 15 minutos em solução comercial de hipoclorito de sódio (2,5% volume) diluída em água destilada a 10% do volume.

Exigência de luz e a influência do regime de temperatura.

As sementes foram colocadas para germinar em câmaras de germinação em temperatura constante de 30°C e em temperatura alternada de 20/30°C. Em cada temperatura foi investigada a germinação sob luz branca fluorescente (26,83 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), com 12 h de luz e 12 h de escuro, e sob ausência de luz. No tratamento de temperatura alternada, a temperatura de 20°C correspondeu ao período de escuro e a de 30°C ao período de luz. Em cada tratamento foram usadas cinco repetições de vinte sementes em placas de Petri com papel de filtro umedecido com água destilada. No tratamento sob ausência de luz, as placas foram cobertas com papel alumínio e embaladas em saco plástico preto; a contagem das sementes germinadas, neste caso, foi feita em câmara escura com luz verde de segurança.

Efeito do volume de água do substrato.

As sementes foram colocadas para germinar em câmaras de germinação à temperatura alternada de 20/30°C, com 12 h de luz (26,83 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; a 30°C) e 12 h de escuro (a 20°C), sob os seguintes tratamentos: sementes sobre papel de

filtro umedecido com água destilada (controle), sementes submersas até a metade do seu diâmetro e a outra metade exposta ao ar (tratamento I), sementes totalmente submersas a uma profundidade igual ao seu diâmetro (tratamento II). Em cada tratamento foram usadas cinco repetições de vinte sementes em placas de Petri.

Viabilidade em água.

Grupos de 100 sementes foram colocados em frascos de vidro de 250 ml os quais tiveram seu volume completado com água destilada, para verificar o efeito de armazenagem em água na viabilidade da semente submersa. Os frascos foram tampados, cobertos com saco plástico preto para evitar a proliferação de microalgas e mantidos em câmara de germinação à 30°C. Nos primeiros 60 dias, um frasco era retirado a cada quinzena, submetendo-se as sementes a teste de germinação. Depois de 60 dias, os testes de germinação passaram a ser realizados a cada dois meses. Cada teste foi realizado com cinco repetições de vinte sementes em placas de Petri com papel de filtro umedecido com água destilada, à temperatura de 30°C com 12h de luz ($26,83 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e 12 horas de escuro.

Resistência à dessecação.

A massa fresca de cada semente foi medida diariamente, com as sementes mantidas à temperatura ambiente. As 100 primeiras sementes que perderam 10% de sua massa fresca (em relação à massa inicial) foram colocadas para germinar, ao mesmo tempo. O mesmo foi feito para cada lote de 100 sementes que

perderam 20, 30 e 40% de massa fresca ao longo do tempo. O teste de germinação foi realizado com cinco repetições de 20 sementes em placas de Petri com papel de filtro umedecido com água destilada, à temperatura de 30°C com 12h de luz ($26,83 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e 12 h de escuro.

Em todos os experimentos a contagem de sementes germinadas foi realizada semanalmente. Uma semente era considerada germinada quando ocorria a protrusão do botão vegetativo, que nessa espécie é a primeira parte do embrião a emergir. Para os dois primeiros experimentos (“exigência de luz e a influência do regime de temperatura” e “efeito do volume de água do substrato”) foi calculada a velocidade média de germinação (\bar{v}) (Labouriau 1970):

$$\bar{v} = 1/\bar{t} = \sum n_i / \sum n_i t_i$$

onde \bar{t} é a média de tempo de germinação em dias; t_i é o tempo de cada observação (dias); e n_i é o número de sementes germinadas dentro de um intervalo de tempo $t_{i+1} - t_i$. Os dados (número de sementes germinadas e velocidade média de germinação) foram submetidos à análise de variância (ANOVA) considerando dois fatores (para o primeiro experimento) e um fator (para os outros experimentos). O teste de Tukey foi usado para comparar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Resultados com $P < 0,05$ foram considerados significativamente diferentes (Zar 1996).

RESULTADOS

As sementes de *Geonoma brevispatha* possuíam $0,64 \pm 0,049$ cm de diâmetro, $0,77 \pm 0,068$ cm de comprimento (média \pm desvio padrão, $n = 50$) e $0,197 \pm 0,03$ g de massa fresca (média \pm desvio padrão, $n = 50$) e apresentaram grau de umidade de 44,4%.

Exigência de luz e a influência do regime de temperatura.

A alternância de temperatura e a presença de luz não tiveram influência significativa no número final de sementes germinadas (Figura I-1) através do teste ANOVA considerando dois fatores ($P = 0,76$ e $P = 0,15$, respectivamente), nem na velocidade média de germinação (ANOVA, $P = 0,09$ e $P = 0,1$, respectivamente; Tabela I-1).

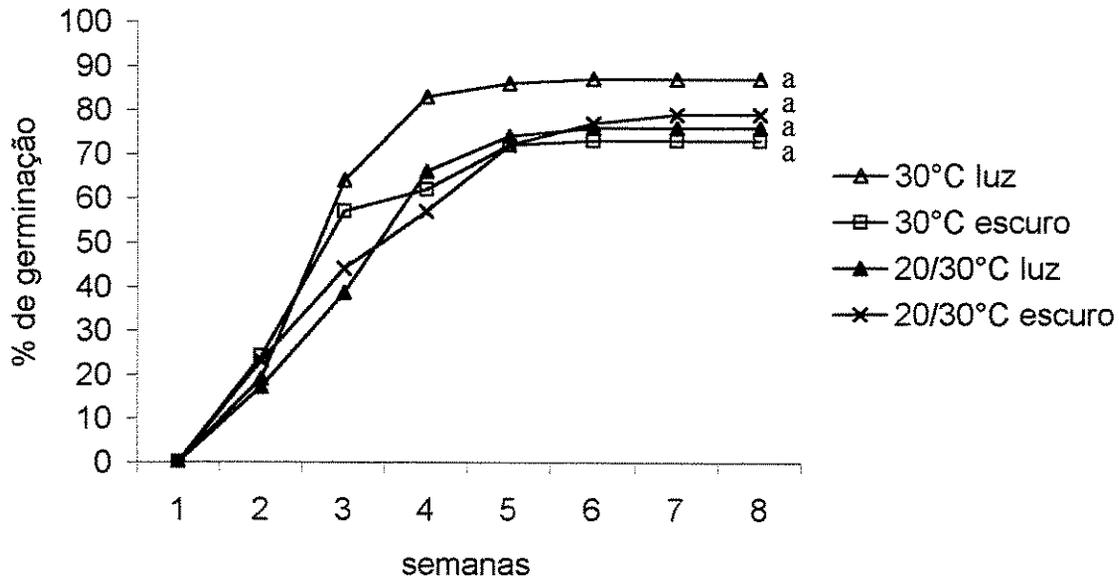


Figura I-1. Porcentagem de germinação de sementes de *Geonoma brevispatha* sob diferentes condições de temperatura e luz. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

Tabela I-1. Velocidade média de germinação (\bar{v} ; média \pm desvio padrão) de sementes de *Geonoma brevispatha* sob diferentes condições de luz e temperatura. ns= não significante ($P > 0,05$).

	Luz	Escuro
Temperatura	\bar{v} (d ⁻¹)	\bar{v} (d ⁻¹)
30°C	0,046 \pm 0,004 ns	0,047 \pm 0,005 ns
20-30°C	0,042 \pm 0,005 ns	0,040 \pm 0,003 ns

Efeito do volume de água do substrato.

Também não foi encontrada diferença significativa no número de sementes germinadas entre os três tratamentos de volume de água (papel de filtro umedecido, água cobrindo metade do diâmetro da semente e água até duas vezes o diâmetro da semente) pelo teste ANOVA com um fator ($P = 0,9502$, Figura 2). A velocidade média de germinação foi maior no tratamento I (Tukey, $P < 0,05$; Tabela I-2).

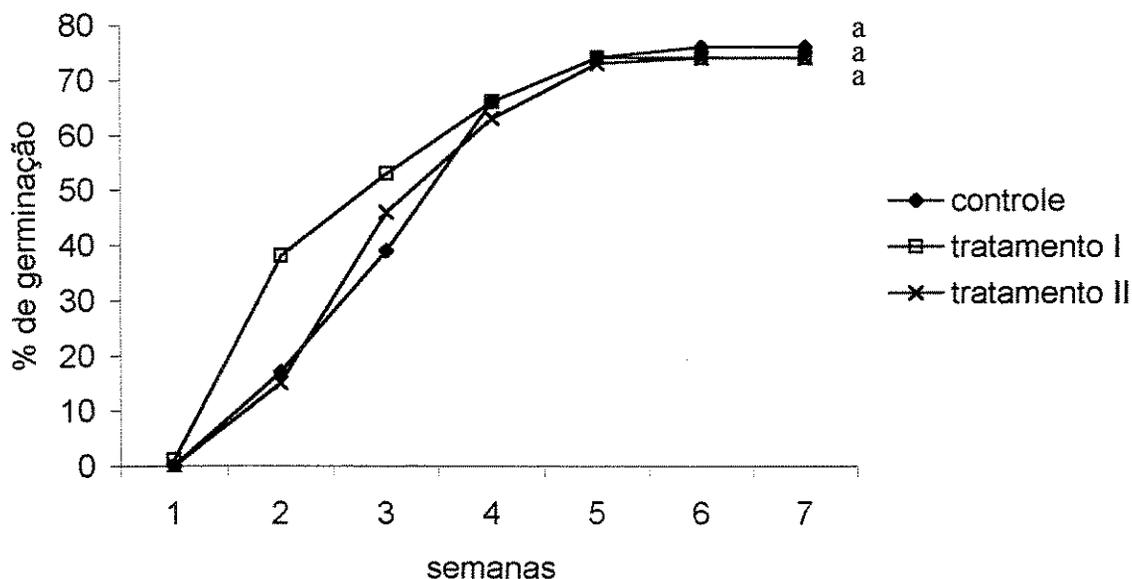


Figura I-2. Porcentagem de germinação de sementes de *Geonoma brevispatha* sob diferentes condições de volume de água no substrato. Controle = papel de filtro umedecido; tratamento I = água cobrindo metade da semente e tratamento II = água cobrindo o dobro do diâmetro da semente. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

Tabela I-2. Velocidade média de germinação (\bar{v} ; média \pm desvio padrão) de *Geonoma brevispatha* sob diferentes condições de volume de água no substrato (controle = papel de filtro umedecido; tratamento I = água cobrindo metade da semente e tratamento II = água cobrindo o dobro do diâmetro da semente). Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

	\bar{v} (d ⁻¹)
Controle	0,042 \pm 0,0042 b
Tratamento I	0,050 \pm 0,0037 a
Tratamento II	0,043 \pm 0,0041 b

Viabilidade em água.

O experimento de armazenagem em água mostrou que as sementes permaneceram viáveis sob esta condição por até oito semanas, sendo que nenhuma semente germinou após 16 semanas de armazenamento em água (Figura I-3). Até a sexta semana o número final de sementes germinadas não se alterou (Tukey, $P > 0,05$). Na oitava semana de armazenagem a porcentagem de germinação diminuiu significativamente (Tukey, $P < 0,05$), mas mesmo assim ainda germinaram mais de 60% das sementes. Nenhuma semente germinou dentro do frasco durante o período em que estiveram armazenadas.

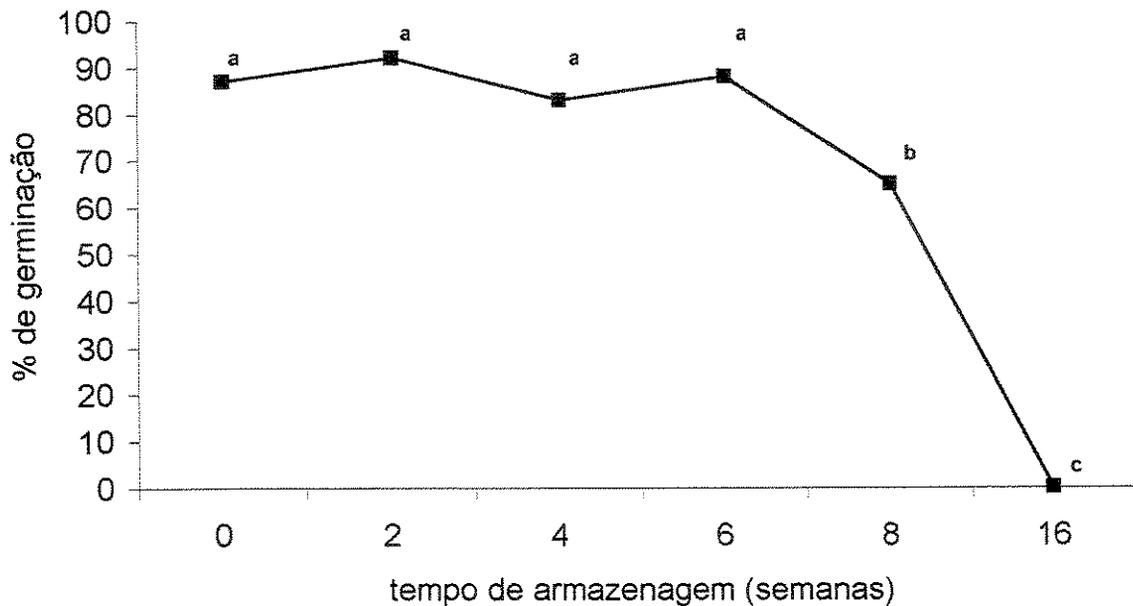


Figura I-3. Efeito da armazenagem em água por diferentes períodos na porcentagem final de germinação de sementes de *Geonoma brevispatha*. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05. O último intervalo de tempo é diferente.

Resistência à dessecação.

O número de sementes germinadas diminuiu significativamente após a perda de 30% de água (Tukey, $P < 0,001$) e apenas 5% das sementes germinaram com perda de 40% de água (Figura I-4). As sementes levaram cerca de 10 dias para perder 40% de massa fresca.

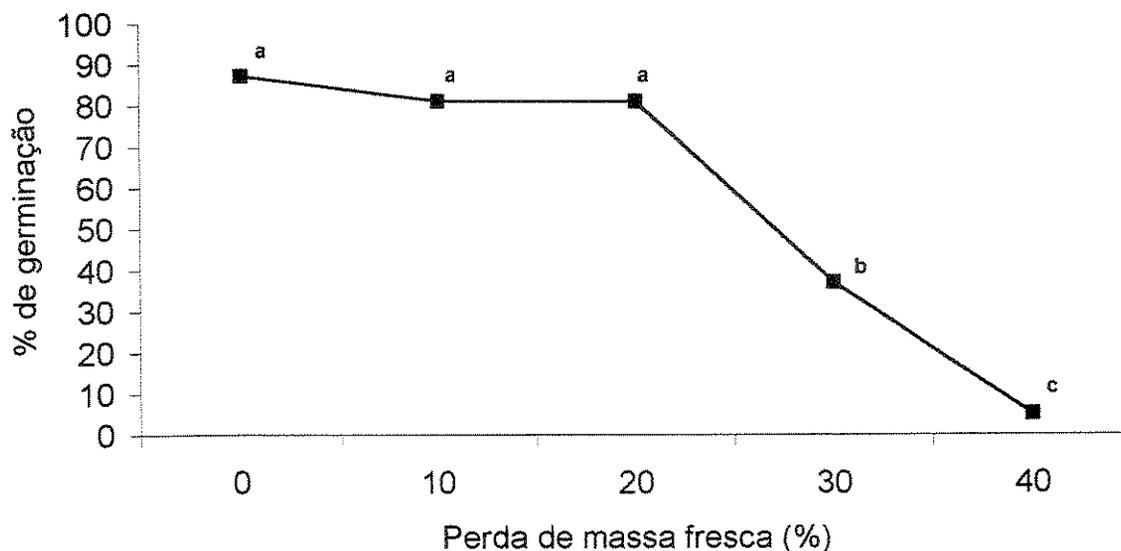


Figura I-4. Efeito da dessecação (perda de parte da massa fresca em relação à inicial) na porcentagem final de germinação de sementes de *Geonoma brevispatha*. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

DISCUSSÃO

As sementes de *Geonoma brevispatha* podem ser consideradas recalcitrantes, pois a porcentagem de germinação diminuiu com a perda de água da semente. Considerando que a espécie ocorre em habitats em que a água não é um fator limitante, esse resultado era esperado. A maioria das espécies com sementes recalcitrantes ocorre em florestas tropicais úmidas, em ambientes geralmente favoráveis à germinação e estabelecimento de plântulas, em que não sofreriam pressões seletivas em direção à resistência à dessecação (Pammenter & Berjak 2000).

As sementes de *Geonoma brevispatha* não necessitam de luz nem de alternância de temperatura para germinar. Tanto a germinação no escuro quanto a

germinação em temperatura constante podem ser consideradas ecologicamente vantajosas no ambiente florestal. Nesse ambiente, a semente deve ser capaz de germinar sob um dossel fechado, em que a entrada de luz, a razão V/VE e a variação de temperatura são baixas (Richards 1996). Além disso, nessa fase do processo de estabelecimento, a germinação no escuro pode ser importante para aquelas sementes enterradas a poucos milímetros no solo, posto que raramente a luz penetra a mais que 4-5 mm no solo com uma intensidade fisiologicamente e ecologicamente significativa (Souza *et al.* 1999, Vázquez-Yanes *et al.* 1990). A falta de necessidade de alternância de temperatura para a germinação pode também representar uma vantagem no estabelecimento em ambientes alagados, já que, nesses ambientes, devido ao alto volume de água, a variação de temperatura é baixa (Souza *et al.* 1999).

As sementes de *Geonoma brevispatha* foram capazes de germinar mesmo dentro da água, desde que houvesse um mínimo de disponibilidade de oxigênio, ou seja, seriam capazes de germinar em condições de hipoxia, mas não de anoxia. Essa capacidade de germinar em condições hipóxicas pode ser considerada ecologicamente vantajosa no habitat paludícola. A capacidade de germinar também sobre papel de filtro umedecido indica que, em condições naturais, a semente poderia germinar, desde que houvesse um mínimo de disponibilidade hídrica. O habitat restrito aos locais de solo mais encharcado, ocupados pelos indivíduos em condições naturais na floresta paludícola, parece não ser decorrente da resposta germinativa. A capacidade de germinar sob hipoxia e o fato de ocupar com sucesso ambientes de solos hidromórficos indicariam que esta espécie é uma boa competidora em solos encharcados, mas

provavelmente perde para outras espécies em solos mais secos, o que explicaria a não ocorrência neste tipo de ambiente. O fato de a germinação ser mais rápida em condições de semi-imersão (água cobrindo metade do diâmetro da semente) seria vantajoso para as sementes que estivessem sob estas condições, já que, quanto mais rápida for a germinação, menor o tempo em que a semente está exposta aos predadores e patógenos (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993).

Apesar de as sementes de *Geonoma brevispatha* não germinarem em condições de anoxia, elas se mantêm viáveis por pelo menos dois meses sob essas condições. Isso indica que as sementes em condições naturais germinariam tão logo encontrassem micro-sítios favoráveis, seja devido ao abaixamento do lençol freático seja devido à sua deposição em um local de solo mais bem drenado. No ambiente natural, essa habilidade de sementes submersas em água germinarem em resposta a um aumento do teor de oxigênio, provocado pela diminuição da camada de água sobre elas, conferiria à espécie uma vantagem competitiva. Essa estratégia é frequentemente encontrada em espécies que ocorrem em áreas inundadas, como em *Genipa americana*, cuja semente permanece viável, sem germinar, quando armazenada em água por pelo menos quatro meses (Souza *et al.* 1999) e em *Parkia pendula*, que pode germinar com sucesso após passar até sete meses submersa sob condição de anoxia (Scarano & Crawford 1992).

O sucesso no estabelecimento de uma espécie em áreas inundadas depende, inicialmente, da estratégia de frutificação e dispersão dos frutos, associada à sua capacidade de sobreviver na água (Marques & Joly 2000) e de germinar em locais adequados. Nossos resultados confirmaram as nossas

expectativas iniciais, indicando que *Geonoma brevispatha* é uma espécie que germina com sucesso em um ambiente florestal e de solo inundado, o que permite a sua ocorrência em florestas paludícolas. Esses resultados explicam, também, a padrão espacial dos indivíduos de *G. brevispatha* na Reserva Municipal de Santa Genebra, que ocorrem na interface entre os canais superficiais (solo permanentemente inundado) e os murundus (solo bem drenado), portanto em local periodicamente sujeito à inundação (A.F. Souza dados não publicados).

CAPÍTULO II

Germinação de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em diferentes condições de água, temperatura e luz.

Palavras-chave: *Euterpe edulis*, floresta paludícola, luz, palmeira, recalcitrância, resistência à inundação, resposta germinativa, semente, temperatura.

Priscila Brochado Gomes¹, Fernando Roberto Martins² & Ivany Ferraz Marques Válio³.

¹ Programa de Pós-Graduação em Ecologia – Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6109, Campinas 13083-970, SP, Brasil. E. mail: prigomes@hotmail.com.

² Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6109, Campinas 13083-970, SP, Brasil. E. mail: fmartins@unicamp.br.

³ Departamento de Fisiologia Vegetal, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Caixa postal 6109, Campinas 13083-970, SP, Brasil. E. mail: ivalio@bol.com.br.

RESUMO

O palmitheiro *Euterpe edulis* é muitas vezes encontrado em áreas paludícolas, onde já foi localmente abundante. O objetivo deste estudo foi investigar as respostas germinativas de uma população de *Euterpe edulis* em uma floresta paludícola em relação a alguns dos principais fatores ambientais aos quais as sementes estão sujeitas em seu habitat. As sementes de *Euterpe edulis* são recalcitrantes, pois a porcentagem de germinação diminui com a perda de água da semente. A presença de luz e a alternância de temperatura não são necessárias para a germinação dessa espécie, já que não houve diferença significativa entre a germinação na luz e no escuro e entre temperatura constante e alternada. A germinação das sementes sobre papel de filtro umedecido é maior que a germinação das sementes com água cobrindo o dobro do diâmetro da semente. As sementes de *Euterpe edulis* não germinaram quando armazenadas em água, porém elas se mantiveram viáveis por pelo menos dois meses sob essas condições e 41% e 22% das sementes permanecem viáveis após três e quatro meses de armazenamento, respectivamente. *Euterpe edulis* apresenta algumas respostas germinativas que permitem sua ocorrência em florestas paludícolas.

INTRODUÇÃO

O palmitheiro *Euterpe edulis* é freqüentemente encontrado em áreas paludícolas, onde já foi localmente abundante (Silva Matos *et al.* 1999). É uma espécie tolerante à sombra, requerendo a presença de um ambiente florestal para o sucesso da regeneração e crescimento inicial (Reis *et al.* 2000). O extrativismo intensivo tem levado ao declínio dessa espécie de palmeira em várias regiões e as populações sobreviventes são pequenas e fragmentadas na sua maioria (Silva Matos & Watkinson 1998). A exploração sustentável de *E. edulis* depende da regeneração por sementes, portanto o conhecimento da ecologia de sementes e plântulas desta espécie é essencial para seu manejo e sobrevivência (Silva Matos & Watkinson 1998).

Os frutos do palmitheiro, quando dispersos, formam um banco de sementes passageiro, que origina, posteriormente, um banco de plântulas (Reis *et al.* 1996). A germinação de *Euterpe edulis* é lenta e heterogênea (Bovi & Cardoso 1975). As taxas de germinação situam-se entre 60% e 94% (Bovi & Cardoso 1978, Queiroz & Cavalcante 1986, Andrade *et al.* 1999). Silva Matos e Watkinson (1998) obtiveram uma maior porcentagem de germinação de *Euterpe edulis* em solos mais úmidos. Nenhum estudo foi feito sobre as estratégias germinativas da espécie em ambiente inundado.

O objetivo majoritário deste estudo foi investigar as respostas germinativas de uma população de *Euterpe edulis* em uma floresta paludícola. Como objetivo subsidiário, pretendemos contribuir para o conhecimento das estratégias adaptativas de espécies neotropicais à inundação. Para tanto, analisamos a

resposta da semente quando submetida a condições artificiais semelhantes a alguns dos principais fatores ambientais aos quais as sementes estão sujeitas em seus habitats naturais, como a sobrevivência em água, sua resistência à desidratação, a capacidade de germinar em diferentes volumes de água no substrato, a resposta germinativa à luz e ao escuro e à temperatura constante e alternada. Tivemos as seguintes expectativas:

1. Por ser uma espécie climática da floresta tropical, ou seja, uma espécie tolerante à sombra, as sementes de *Euterpe edulis* não necessitariam de luz e nem de alternância de temperatura para germinar.
2. Por ocorrerem em um ambiente onde a água não é um fator limitante, as sementes não teriam desenvolvido um mecanismo de resistência à desidratação, portanto seriam recalcitrantes.
3. Para o sucesso do estabelecimento em um ambiente paludícola, as sementes possuiriam algum mecanismo de sobrevivência e/ou germinação em submersão.

MÉTODOS

Os frutos foram coletados a partir de pelo menos dez indivíduos na floresta paludícola da Reserva Municipal Mata de Santa Genebra (22°49'45''S; 47°06'33''W) em Campinas, estado de São Paulo. O período entre a coleta de frutos e a montagem dos experimentos não ultrapassou 48 horas. Para a obtenção das sementes limpas (assim denominado o conjunto endocarpo mais semente), os

frutos foram beneficiados por fricção em peneira de malha de aço, sob água corrente. Foram tomadas medidas de diâmetro e comprimento, utilizando-se paquímetro, e massa úmida das sementes, através de uma balança semi-analítica. Foi determinado o grau de umidade submetendo as sementes (após determinação da massa fresca) à uma temperatura de 80°C durante no mínimo 48 h e novamente determinando a massa das sementes periodicamente, até a estabilização da medida. O grau de umidade foi calculado sob base de massa fresca. Para o estudo de germinação, as sementes foram desinfetadas através de imersão durante 15 minutos em uma solução comercial de hipoclorito de sódio (2,5% volume) diluída em água destilada a 10% do volume.

Exigência de luz e a influência do regime de temperatura.

Os frutos foram coletados em março de 2002. As sementes limpas foram colocadas para germinar em câmaras de germinação em temperatura constante de 30°C e em temperatura alternada de 20/30°C. Em cada temperatura foi investigada a germinação sob luz branca fluorescente ($26,83 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), com 12 h de luz e 12 h de escuro, e sob ausência de luz. No tratamento de temperatura alternada, a temperatura de 20°C correspondeu ao período de escuro e a de 30°C ao período de luz. Em cada tratamento foram usadas cinco repetições de vinte sementes em placas de Petri com papel de filtro umedecido com água destilada. No tratamento sob ausência de luz, as placas foram cobertas com papel alumínio e embaladas em saco plástico preto; a contagem das sementes germinadas, neste caso, foi feita em câmara escura com luz verde de segurança.

Efeito do volume de água do substrato.

Os frutos foram coletados em maio de 2001. As sementes limpas foram colocadas para germinar em câmaras de germinação à temperatura alternada de 20/30°C, com 12 h de luz ($26,83 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$; a 30°C) e 12 h de escuro (a 20°C), sob os seguintes tratamentos: sementes sobre papel de filtro umedecido com água destilada (controle), sementes submersas até a metade do seu diâmetro e a outra metade exposta ao ar (tratamento I), sementes totalmente submersas a uma profundidade igual ao seu diâmetro (tratamento II). Em cada tratamento foram usadas cinco repetições de vinte sementes em gerbox.

Viabilidade em água.

Os frutos foram coletados em março de 2002. Para verificar o efeito do armazenamento em água na viabilidade da semente, grupos de 100 sementes foram colocados em frascos de vidro de 250 ml, os quais tiveram em seguida seu volume completado com água destilada. Os frascos foram tampados, cobertos com saco plástico preto para evitar a proliferação de microalgas e mantidos em câmara de germinação a 30°C. Nos primeiros 60 dias, um frasco era retirado a cada quinzena, submetendo-se as sementes a teste de germinação. Depois de 60 dias, os testes de germinação passaram a ser realizados mensalmente. Cada teste foi realizado com cinco repetições de 20 sementes, em placas de Petri com papel de filtro umedecido com água destilada, à temperatura de 30°C com 12h de luz ($26,83 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) e 12 h de escuro.

Resistência à dessecação.

Os frutos foram coletados em março de 2002. A massa fresca de cada semente foi medida diariamente com as sementes mantidas à temperatura ambiente. As 100 primeiras sementes que perderam 10% de sua massa fresca (em relação à massa inicial) foram colocadas para germinar ao mesmo tempo. O mesmo foi feito para cada lote de 100 sementes que perderam 20, 30 e 40% de massa fresca ao longo do tempo. O teste de germinação foi realizado com cinco repetições de 20 sementes, em placas de Petri com papel de filtro umedecido com água destilada, à temperatura de 30°C com 12h de luz (26,83 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) e 12 h de escuro.

Em todos os experimentos a contagem de sementes germinadas foi realizada semanalmente. Uma semente era considerada germinada quando ocorria a protusão do botão vegetativo (Figura II-1), que nessa espécie é a primeira parte do embrião a emergir. Para os dois primeiros experimentos (“exigência de luz e a influência do regime de temperatura” e “efeito do volume de água do substrato”) foi calculada a velocidade média de germinação (\bar{v}) (Labouriau 1970):

$$\bar{v} = 1/\bar{t} = \sum n_i / \sum n_i t_i$$

onde \bar{t} é a média de tempo de germinação em dias; t_i é o tempo de cada observação (dias); e n_i é o número de sementes germinadas dentro de um intervalo de tempo $t_{i+1} - t_i$. Os dados (número de sementes germinadas e velocidade média de germinação) foram submetidos à análise de variância

(ANOVA) considerando dois fatores (para o primeiro experimento) e um fator (para os outros experimentos). O teste de Tukey foi usado para comparar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos. Resultados com $P < 0,05$ foram considerados significativamente diferentes (Zar 1996).

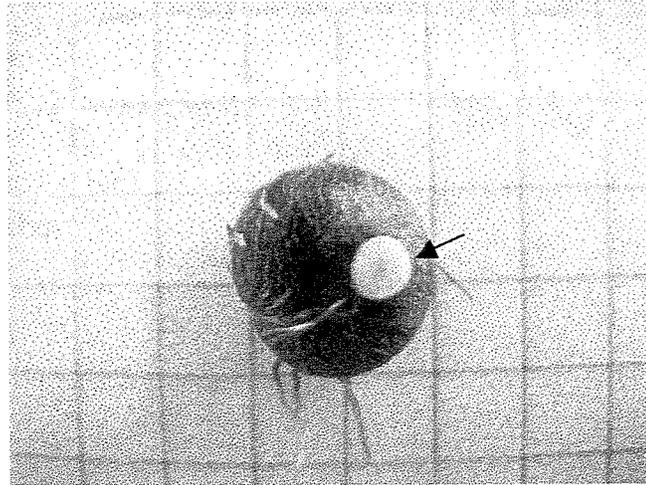


Figura II-1. Semente de *Euterpe edulis* após protusão do botão vegetativo (seta). A escala do fundo é de 0,5 cm. (Foto: P.B. Gomes).

RESULTADO

As sementes de *Euterpe edulis* possuíam $0,988 \pm 0,079$ cm de diâmetro, $1,065 \pm 0,078$ cm de comprimento (média \pm desvio padrão, $n = 20$) e $0,95 \pm 0,098$ g de massa fresca (média \pm desvio padrão, $n = 50$) e apresentaram grau de umidade de 49,63%.

Exigência de luz e a influência do regime de temperatura.

A alternância de temperatura e a presença de luz não tiveram influência significativa no número final de sementes germinadas (Figura II-2) através do teste ANOVA considerando dois fatores ($P = 0,384$ e $P = 0,093$, respectivamente). A germinação variou entre 95 e 89% nestes tratamentos. A velocidade média de germinação também foi a mesma entre os tratamentos de temperatura e luz (ANOVA, $P = 0.13$ e $P = 0.08$, respectivamente; Tabela II-1).

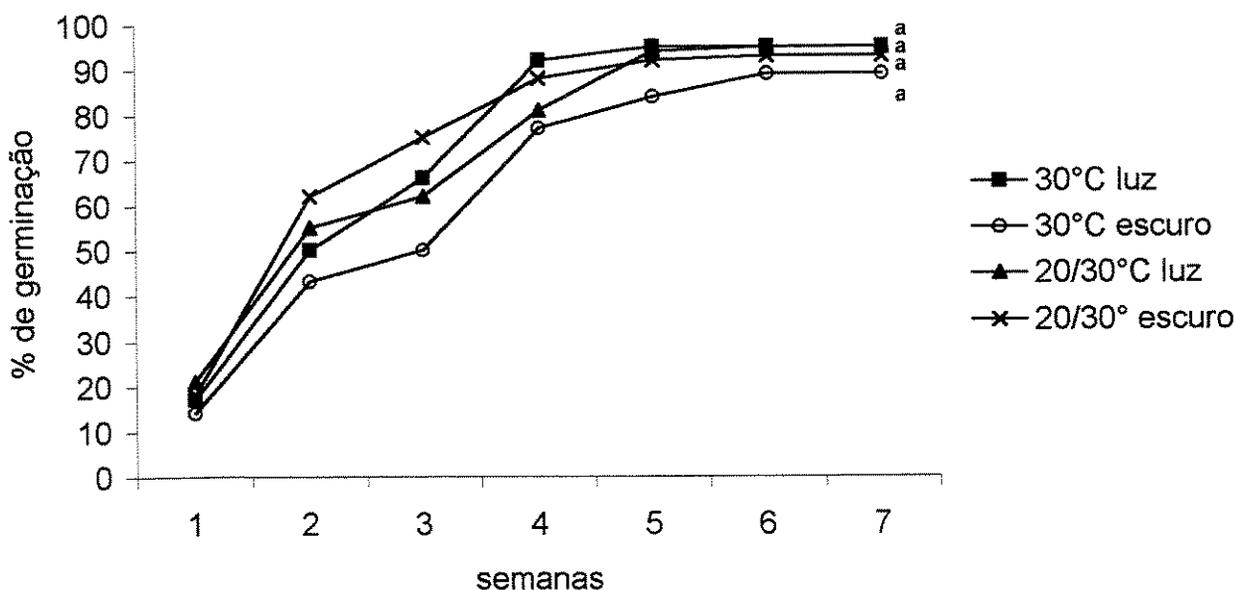


Figura II-2. Porcentagem de germinação de sementes de *Euterpe edulis* sob diferentes condições de temperatura e luz. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

Tabela II-1. Velocidade média de germinação (\bar{v} ; média \pm desvio padrão) de sementes de *Euterpe edulis* sob diferentes condições de luz e temperatura. ns= não significante ($P > 0,05$).

Temperatura	Luz	Escuro
	\bar{v} (d ⁻¹)	\bar{v} (d ⁻¹)
30°C	0.055 \pm 0,006 n.s.	0.049 \pm 0,007 n.s.
20-30°C	0.053 \pm 0,003 n.s.	0.060 \pm 0,009 n.s.

Efeito do volume de água do substrato.

O número de sementes germinadas foi maior no tratamento controle (papel de filtro umedecido; 72% de germinação) do que no tratamento II (água até duas vezes o diâmetro da semente; 44% de germinação) pelo teste Tukey ($P= 0,016$). O número de sementes germinadas no tratamento I (água cobrindo metade do diâmetro da semente; 54% de germinação) não diferiu do tratamento controle e nem do tratamento II (teste Tukey, $P= 0,128$ e $P= 0,489$, respectivamente) (Figura II-3). A velocidade média de germinação no tratamento II foi menor que nos outros dois tratamentos (Tukey, $P < 0,05$; Tabela II-2).

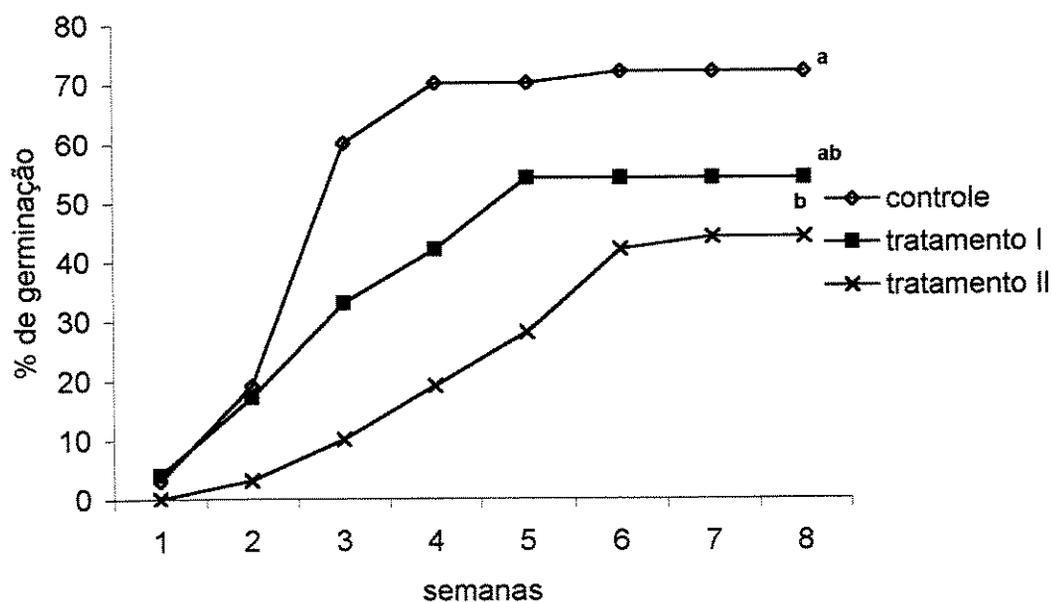


Figura II-3. Porcentagem de germinação de sementes de *Euterpe edulis* sob diferentes condições de volume de água no substrato. Controle = papel de filtro umedecido; tratamento I = água cobrindo metade da semente e tratamento II = água cobrindo o dobro do diâmetro da semente. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

Tabela II-2. Velocidade média de germinação (\bar{v} ; média \pm desvio padrão) de *Euterpe edulis* sob diferentes condições de volume de água no substrato (controle = papel de filtro umedecido; tratamento I = água cobrindo metade da semente e tratamento II = água cobrindo o dobro do diâmetro da semente). Médias acompanhadas por diferentes letras diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

	\bar{v} (d ⁻¹)
Controle	0.049 \pm 0.005 a
Tratamento I	0.048 \pm 0.012 a
Tratamento II	0.033 \pm 0.007 b

Viabilidade em água.

O experimento de armazenagem em água mostrou que as sementes permaneceram viáveis sob esta condição por até oito semanas, mantendo altos valores de germinação (entre 90 e 74%). Após três meses sob essa condição a germinação diminuiu para 41% e apenas 22% das sementes germinaram após quatro meses em água (Figura II-4). Nenhuma semente germinou dentro do frasco durante o período em que estiveram armazenadas.

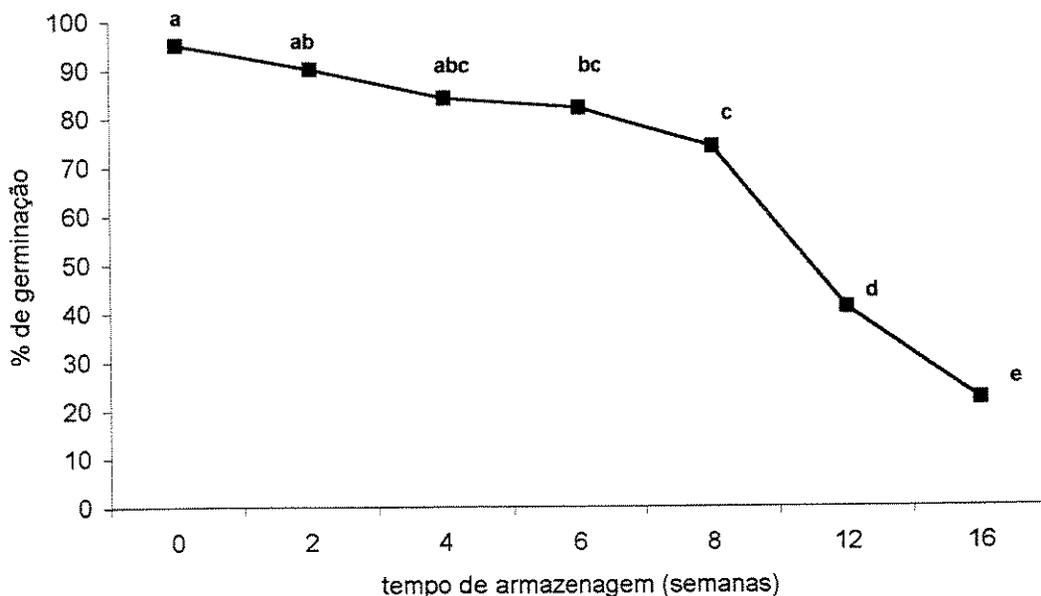


Figura II-4. Efeito da armazenagem em água por diferentes períodos na porcentagem final de germinação de sementes de *Euterpe edulis*. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05. Os dois últimos intervalos de tempo são diferentes.

Resistência à dessecação.

A germinação diminuiu significativamente após a perda de 20% da massa fresca (de 94% de germinação, após perda de 10% de massa fresca, para 59% de germinação; Tukey, $P < 0,001$) e apenas 12% das sementes germinaram com perda de 30% de massa fresca (Figura II-5). Nenhuma semente germinou após perda de 40% de massa fresca. As sementes levaram cerca de 20 dias para perder 40% de massa fresca.

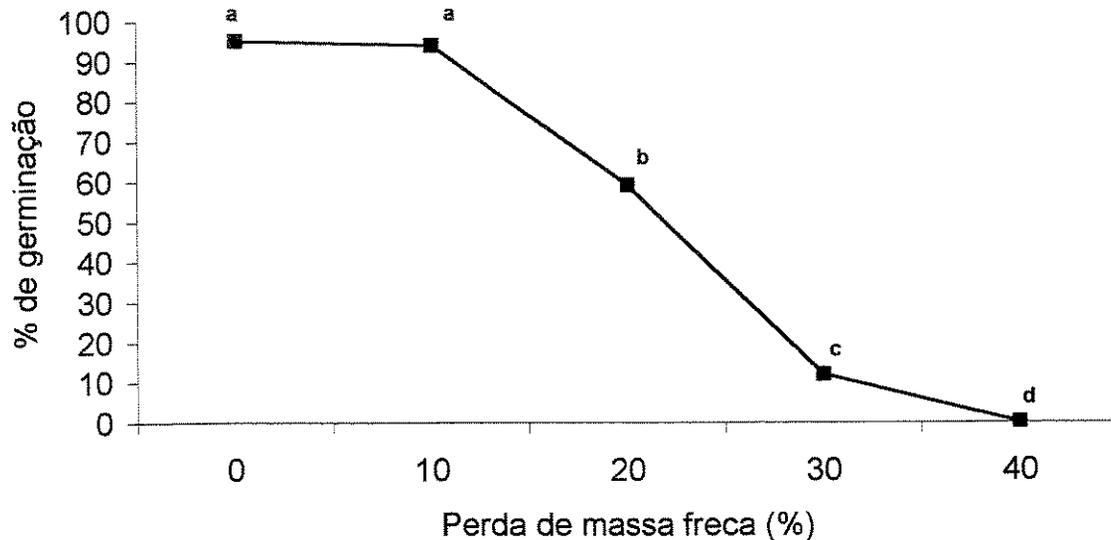


Figura II-5. Efeito da dessecação (perda de parte da massa fresca em relação à inicial) na porcentagem final de germinação de sementes de *Euterpe edulis*. Valores acompanhados por letras iguais não diferiram entre si no nível de significância de 0,05.

DISCUSSÃO

Euterpe edulis é uma palmeira caracterizada como uma espécie climácica tolerante à sombra (Reis *et al.* 1996). No que diz respeito à ecologia da semente, a espécie possui algumas características comuns às espécies climácicas da floresta tropical. A massa das sementes de espécies tolerantes à sombra é geralmente maior que das espécies não tolerantes (Baskin & Baskin 1998). As sementes de *Euterpe edulis* são relativamente grandes. Espera-se que as sementes grandes de espécies tolerantes à sombra tenham um valor adaptativo maior, pois contêm relativamente maior quantidade de reservas de alimento, que pode ser usado para o estabelecimento de plântulas nas condições de baixa luminosidade do chão da floresta (Baskin & Baskin 1998).

De acordo com a definição de Ng (1978) as sementes do palmitheiro são de germinação rápida (todas as sementes germinam dentro de 12 semanas). Sementes com este tipo de germinação não têm dormência ou perdem-na rapidamente, têm viabilidade curta e geralmente formam um tapete de plântulas próximo à planta-mãe (Ng 1978). As sementes do palmitheiro germinam assim que dispersas e posteriormente produzem um banco de plântulas (Reis *et al.* 1996), não apresentando nenhum tipo de dormência. De fato, a maioria das espécies de sementes da floresta tropical tende a germinar rápida e simultaneamente após a dispersão (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). Acredita-se que essas características sejam decorrentes das condições de temperatura, luz e umidade prevalentes na floresta tropical, que são adequadas à germinação imediata da

maioria das sementes durante o ano todo (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993).

A maioria das sementes de espécies da floresta tropical, quando liberadas, tem um alto conteúdo de água e um metabolismo ativo, expressado por uma taxa respiratória ininterrupta durante o período de quiescência entre a maturação da semente e a germinação (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia 1993). São também, em grande parte, sementes recalcitrantes, ou seja, tornam-se inviáveis depois de desidratadas a partir um certo valor crítico (Baskin & Baskin 1998). Isto ocorre devido à presença da espécie em ambientes geralmente favoráveis à germinação e estabelecimento de plântulas, em que não sofreriam pressões seletivas em direção à resistência à dessecação (Pammenter & Berjak 2000). As sementes de *Euterpe edulis* seguem esta tendência, já que possuem alto conteúdo de água e não germinam se desidratadas a partir de um valor crítico. Resultados semelhantes foram obtidos por Martins *et al.* (2000) e Andrade (2001).

A intensidade de luz é um dos fatores mais importantes dentre os que controlam os mecanismos de regeneração e crescimento nas florestas tropicais (Hyereh 1999). Tanto a germinação no escuro quanto a germinação em temperatura constante podem ser consideradas características de espécies de ambiente florestal. As sementes de espécies climácicas da floresta tropical geralmente germinam sob essas condições (Baskin & Baskin 1998) e *Euterpe edulis* segue esta tendência. Nesse ambiente, a semente deve ser capaz de germinar sob um dossel fechado, em que a entrada de luz, a razão v/ve e a variação de temperatura são baixas (Richards 1996). Além disso, nessa fase do processo de estabelecimento, a germinação no escuro pode ser importante para

aquelas sementes enterradas a poucos milímetros no solo, posto que raramente a luz penetra a mais que 4-5 mm no solo com uma intensidade fisiológica e ecologicamente significativa (Souza *et al.* 1999, Vázquez-Yanes *et al.* 1990). Para as sementes recalcitrantes isto pode ser especialmente importante, já que a germinação de sementes enterradas possibilita uma maior proteção contra a dessecação. Para *Euterpe edulis* a germinação das sementes enterradas mostrou ser 50% maior que a germinação de sementes colocadas na superfície do solo (Nodari *et al.* 2000).

A falta de necessidade de alternância de temperatura para a germinação pode também representar uma vantagem no estabelecimento em ambientes alagados, já que, nesses ambientes, devido ao alto volume de água, a variação de temperatura é baixa (Souza *et al.* 1999). Por outro lado, a taxa de germinação de *Euterpe edulis* foi menor quando as sementes estavam submersas. Este tipo de resposta à submersão varia entre as espécies. As sementes de *Calophyllum brasiliense*, uma espécie típica de florestas inundadas, não germinam em solo encharcado, mas se mantêm viáveis por até três meses submersas (Marques & Joly 2000). No caso de *Talauma ovata*, também encontrada em florestas higrófilas, a dispersão das sementes ocorre no período seco e as sementes não só deixam de germinar como perdem a viabilidade, se mantidas submersas (Lobo & Joly 1996). Por outro lado, para *Geonoma brevispatha*, uma palmeira que só ocorre em áreas inundadas, a submersão não inibe o potencial nem a velocidade de germinação (Capítulo I).

As sementes de *Euterpe edulis* não germinaram quando armazenadas em água, porém elas se mantiveram viáveis por pelo menos dois meses sob essas

condições. Após este período, ainda permaneceram viáveis 41% das sementes armazenadas em água durante três meses e 22% das sementes armazenadas por quatro meses. Isso indica que as sementes em condições naturais germinariam tão logo encontrassem micro-sítios favoráveis, seja devido à sua deposição em um local de solo mais bem drenado seja devido ao abaixamento do lençol freático. No ambiente natural, essa habilidade de sementes submersas em água germinarem em resposta a um aumento do teor de oxigênio, provocado pela diminuição da camada de água sobre elas, conferiria à espécie uma vantagem competitiva. Essa estratégia é freqüentemente encontrada em espécies que ocorrem em áreas inundadas, como em *Geonoma brevispatha*, cuja semente permanece viável, sem germinar, quando estocada em água por pelo menos dois meses (Capítulo I); em *Genipa americana*, que germina após passar pelo menos quatro meses submersa em água (Souza *et al.* 1999); e em *Parkia pendula*, que pode germinar com sucesso após passar até sete meses submersa sob condição de anoxia (Scarano & Crawford 1992).

Esses resultados confirmaram nossas expectativas em relação às respostas germinativas de *Euterpe edulis*. Ou seja, as sementes desta espécie são capazes de germinar em um ambiente escuro e com baixa oscilação térmica, típico de uma floresta, além de possuírem estratégias que possibilitam sua germinação em um ambiente onde a saturação hídrica do solo atua como um fator limitante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As respostas germinativas das sementes de *Geonoma brevispatha* e *Euterpe edulis* frente a alguns fatores ambientais indicaram que estas espécies apresentam estratégias que possibilitam a sua reprodução em um ambiente de floresta paludícola. Ambas germinam bem sob condições típicas do interior de uma floresta, ou seja, um ambiente com baixa luminosidade e pouca alternância de temperatura. Por possuírem sementes recalcitrantes e sem nenhum tipo de dormência, estas espécies não teriam sucesso em ambientes secos, já que as sementes perderiam rapidamente a viabilidade quando expostas à dessecação no solo, não germinariam e nem se incorporariam ao banco de sementes. Além disso, podem germinar e/ou sobreviver quando submersas em água. A capacidade de manutenção da viabilidade durante um longo período (considerando que as sementes são recalcitrantes e, portanto, de curta viabilidade) com baixa concentração de oxigênio mostra que as sementes dessas espécies são tolerantes à falta de oxigênio. Esta característica certamente lhes confere uma grande vantagem sobre as demais espécies que habitam o mesmo ambiente.

Geonoma brevispatha é uma espécie restrita a áreas inundadas. Não é de se surpreender, portanto, que esta espécie obtenha maior sucesso na germinação de suas sementes em submersão, quando comparada com as sementes de *Euterpe edulis*. O palmitreiro, que apresenta uma distribuição mais ampla, ocorrendo também em solos bem drenados, germina melhor quando suas sementes estão expostas à atmosfera, embora a germinação das sementes submersas também ocorra em um percentual menor de sementes.

Porém, para as duas espécies as sementes utilizadas eram provenientes de uma única população. Por isso, não podemos afirmar se as respostas obtidas

seriam específicas daquela população ou características da espécie. Pesquisas que mostrem se existe variação nas respostas germinativas entre populações dessas espécies e se estas variações estariam correlacionadas com o ambiente onde cada população ocorre poderiam trazer mais informações sobre as estratégias adaptativas dessas espécies à inundação. Para isto torna-se imprescindível um conhecimento mais detalhado sobre o ambiente que cada população ocupa. Estas informações permitiriam avaliar o grau de pressão que a baixa disponibilidade de oxigênio no substrato exerceria sobre a germinação.

Para melhor compreender o sucesso no estabelecimento dessas espécies em ambiente alagado, seria importante conhecer os mecanismos adaptativos desenvolvidos pelas plântulas para viabilizar seu estabelecimento nestes ambientes permanentemente encharcados. Isto porque o sucesso na germinação, apesar de fundamental, é apenas uma etapa na vida da planta. O estabelecimento das plantas jovens vai depender de um outro conjunto de características de tolerância à saturação hídrica do solo, bem como de estratégias de aquisição de recursos como água, nutrientes e energia.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, A.C.S. 2001. The effect of moisture content and temperature on longevity of heart palm seeds (*Euterpe edulis*). *Seed Science and Technology* 29:171-182.
- ANDRADE, A.C.S., LOUREIRO, M.B., SOUZA, A.D.O., RAMOS, F.N. & CRUZ, A.P.M. 1999. Reavaliação do efeito do substrato e da temperatura na germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). *Revista Árvore* 23:279-283.
- BACON, P.R. 1990. Ecology and management of swamp forests in the Guianas and caribbean region. Pp. 213-250. *In* Lugo, A.E., Brinson, M. & Brown, S. (eds). *Forested Wetlands. Ecosystems of the World* 15. Elsevier, Amsterdam.
- BASKIN, J.M. & BASKIN, C.C. 1998. *Seeds: ecology, biogeography and evolution of dormancy and germination*. Academic Press, California.
- BORSHESENIUS, F. & SKOV, F. 1997. Ecological amplitudes of Ecuadorian palms. *Principes* 41:179-183.
- BOVI, M.L.A. & CARDOSO, M. 1975. Germinação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). *Bragantia* 34:29-35.
- BOVI, M.L.A. & CARDOSO, M. 1978. Conservação de sementes de palmitero (*Euterpe edulis* Mart.). *Bragantia* 37:65-71.
- CARVALHO, R.M., MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A.M. 1999. Leaf ecology of pré-reproductive ontogenetic stages of the palm tree *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). *Annals of Botany* 83:225-233.

- COLE, N.H.A. 1977. Effect of light, temperature and flooding on seed germination of the neotropical *Panicum laxum* Sw. *Biotropica* 9:251-262.
- CONDIT, R., HUBBEL, S.P. & FOSTER, R.B. 1996. Changes in tree species abundance in a neotropical forest: Impact of climate change. *Journal of Tropical Ecology* 12:231-256.
- CRAWFORD, R.M.M. 1992. Oxygen availability as an ecological limit to plant distribution. *Advances in Ecological Research* 23:93-185.
- DE BELL, D.S. & NAYLOR, A.W. 1972. Some factors affecting germination of swamp tupelo seeds. *Ecology* 53:626-634.
- GARWOOD, N.C. 1983. Seed germination in a seasonal tropical forest in Panama: a community study. *Ecological Monographs* 53:159-181.
- HENDERSON, A., GALEANO, G. & BERNAL, R. 1995. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press, Princeton.
- HYEREH, B., SWAINE, M. D. & THOMPSON, J. 1999. Effect of light on the germination of forest trees in Ghana. *Journal of Ecology* 87:772-783.
- IVANAUSKAS, N.M., RODRIGUES, R.R. & NAVE, A.G. 1997. Aspectos ecológicos de um trecho de floresta de brejo em Itatinga, SP: florística, fitossociologia e seletividade de espécies. *Revista Brasileira de Botânica* 20:139-153.
- JOLY, C.A. 1991. Flooding tolerance in tropical trees. Pp. 23-43. In Jackson, M.B., Davis, D.D. & Lambers, H. (eds.). *Plant Life Under Oxygen Deprivation*. SPB Academic Publishing. The Hague.
- JOLY, C.A. 1996. The role of oxygen diffusion to the root system on the flooding tolerance of Brazilian trees. *Revista Brasileira de Biologia* 56:375-382.

- KAHN, F. & CASTRO, A. 1985. The palm community in a forest of Central Amazonia, Brazil. *Biotropica* 17:210-216.
- KAHN, F. & GRANVILLE, J.J. 1992. *Palms in Forest Ecosystems of Amazonia*. Springer-Verlag, Berlin.
- KAHN, F., MEJIA, K. & CASTRO, A. 1988. Species richness and density of palms in terra firme forests of Amazonia. *Biotropica* 20:266-269.
- KOSLOWSKI, T.T. 1984. Responses of woody plants to flooding. Pp. 129-163. In Koslowski, T.T. (ed.) *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, London.
- KOSLOWSKI, T.T., KRAMER, P.J. & PALLARDY, S.G. 1991. *The physiological Ecology of Woody Plants*. Academic Press, New York.
- LABOURIAU, L.G. 1970. On the physiology of seed germination in *Vicia graminea* S.M.-I. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 42:235-252.
- LABOURIAU, L. G. 1983. *A Germinação das Sementes*. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Washington.
- LEITÃO-FILHO, H. F. 1982. Aspectos taxonômicos das florestas do Estado de São Paulo. *Silvicultura em São Paulo* 1:197-206.
- LOBO, P. C. & Joly, C. A. 1996. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Talauma ovata* St.-Hil. (Magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. *Revista Brasileira de Botânica* 19:35-40.
- LORENZI, H., SOUZA, H. M., MEDEIROS-COSTA, J. T., CERQUEIRA, L. S. C. & BEHR, N. 1996. *Palmeiras no Brasil (nativas e exóticas)*. Editora Plantarum, Nova Odessa, SP.

- LOSOS, E. 1995. Habitat specificity of two palm species: Experimental transplantation in Amazonian successional forests. *Ecology* 76:2595-2606.
- MARQUES, M. C. M. 1994. Estudos auto-ecológicos do guarandi (*Calophyllum brasiliense* Camb. Clusiaceae) em uma mata ciliar do município de Brotas, SP. Tese de Mestrado. Unicamp, Campinas, SP.
- MARQUES, M. C. M. & JOLY, C. A. 2000. Germinação e crescimento de *Calophyllum brasiliense* (Clusiaceae), uma espécie típica de florestas inundadas. *Revista Brasileira de Botânica* 14:113-120.
- MARTINS, C.C., NAKAGAWA, J. & BOVI, M.L.A. 2000. Desiccation tolerance of four seedlots from *Euterpe edulis* Mart. *Seed Science and Technology* 28:101-113.
- NG, F.S.P. 1978. Strategies of establishment in Malayan forest trees. Pp. 129-161. In Tomlinson, P.B. & Zimmermann, M.H. (eds.). *Tropical Living Systems*. Cambridge University Press, Cambridge.
- NODARI, R.O., FANTINI, A.C., REIS, A. & REIS, M.S. 2000. Restauração de populações de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) na Mata Atlântica. Pp. 189-201. In Reis, M.S. & Reis, A. (eds.). *Euterpe edulis Martius – (Palmitreiro) – Biologia, Conservação e Manejo*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí.
- OKAMOTO, J.M. 1998. Ecofisiologia da germinação e do metabolismo respiratório de quatro espécies do gênero *Inga* Mill. (Mimosaceae) submetidas à hipoxia e anoxia. Tese de Mestrado. Unicamp, Campinas, SP.
- PAMMENTER, N.W. & BERJAK, P. 2000. Evolutionary and ecological aspects of recalcitrant seed biology. *Seed Science Research* 10:301-306.

- PONNAMPERUMA, F.N. 1984. Effects of flooding on soil. Pp. 10-43. *In* Koslowski, T.T. (ed.). *Flooding and Plant Growth*. Academic Press, London.
- PROBERT, R.J. 1993. The role of temperature in germination ecophysiology. Pp. 285-325. *In* Fenner, M. (ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, Wallingford.
- QUEIROZ, M.H., CAVALCANTE, M.D.T.H. 1986. Efeito do dessecação das sementes de palmitero na germinação e no armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes* 8:121-125.
- REIS, S.R., FANTINI, A.C., NODARI, R.O., REIS, A., GERRA, M.P. & MANTOVANI, A. 2000. Management and conservation of natural populations in Atlantic Rain Forest: the case study of palm heart (*Euterpe edulis* Martius). *Biotropica* 32:894-902.
- REIS, A., KAGEYAMA, P.Y., REIS, M.S. & FANTINI, A. 1996. Demografia de *Euterpe edulis* Martius (Arecaceae) em uma Floresta Ombrófila Densa, em Blumenau SC. *Sellowia* 45-48:13-45.
- RICHARDS, P.W. 1996. *The Tropical Rainforest: an Ecological Study*. Cambridge University, New York.
- RIZZINI, C.T., COIMBRA-FILHO, A.F. & HOUAISS, A. 1988. *Ecosistemas Brasileiros/Brazilian Ecosystems*. Enge-Rio Engenharia e Consultoria S.A. Editora Index, Rio de Janeiro.
- SANTIN, D.A. 1999. A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionômica e florística visando à conservação. Tese de Doutorado. Unicamp, Campinas, SP.

- SÃO PAULO. Secretária do Meio Ambiente. 1997. *Cerrado: bases para a conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo*. São Paulo.
- SCARANO, F.R. & CRAWFORD, R.M.M. 1992. Ontogeny and the concept of anoxia-tolerance: the case of the Amazonian leguminous tree *Parkia pendula*. *Journal of Tropical Ecology* 8:349-352.
- SCARANO, F.R., RIBEIRO, K.T., MORAES, L.F.D. & LIMA, H.C. 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of freshwater swamp forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 14:793-803
- SILVA, D.M. 1991. Estrutura de tamanho e padrão espacial de uma população de *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae) em mata mesófila semidescídua no município de Campinas, SP. Tese de Mestrado. Unicamp, Campinas, SP.
- SILVA-MATOS, D.M., FRECKLETON, R.P. & WATKINSON, A.R. 1999. The role of density dependence in the population dynamics of tropical palm. *Ecology* 80:2635-3650.
- SILVA-MATOS, D.M. & WATKINSON, A.R. 1998. The fecundity, seed, and seedling ecology of the edible palm *Euterpe edulis* in Southeastern Brazil. *Biotropica* 30:595-603.
- SOUZA, A.F., ANDRADE, A.C.S., RAMOS, F.N. & LOUREIRO, M.B. 1999. Ecophysiology and morphology of seed germination of neotropical lowland tree *Genipa americana* (Rubiaceae). *Journal of Tropical Ecology* 15:667-680.
- SPINA, A.P. 1997. Composição florística de uma floresta higrófila na região de Campinas, e algumas considerações sobre sistemas sexuais, fenologia de

floração e frutificação e síndromes de dispersão das espécies da comunidade. Tese de Mestrado. Unicamp, Campinas, SP.

- SVENNING, J.C. 2001. On the role of microenvironmental heterogeneity in the ecology and diversification of neotropical rain-forest palms (Arecaceae). *The Botanical Review* 67:1-53.
- TONIATO, M.T.Z., LEITÃO-FILHO, H.F. & RODRIGUES, R.R. 1998. Fitossociologia de um remanescente de floresta higrófila (mata de brejo) em Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica* 21:197-210.
- TORRES, R.B., MATTHES, L.A.F., RODRIGUES, R.R. & LEITÃO-FILHO, H.F. 1992. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. *Agrônomo* 44(1,2,3).
- VÁLIO, I.F.M. & SCARPA, F.M. 2001. Germination of seeds of tropical pioneer species under controlled and natural conditions. *Revista Brasileira de Botânica* 24:79-84.
- VAN VIERSEN, W. 1982. Some notes on the germination of seeds of *Najas marina* L. *Aquatic Botany* 12:201-203.
- VÁSQUEZ-YANES, C. & OROZCO-SEGOVIA, A. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annual Review of Ecology and Systematic* 24:69-87.
- VÁSQUEZ-YANES, C., OROZCO-SEGOVIA, A., RINCINN, E., SÁNCHEZ-CORONADO, M.E., HUANTE, P., TOLEDO, J.R. & BARRADAS, V.L. 1990. Light beneath the litter in a tropical forest: effect on seed germination. *Ecology* 71:1952-1958.

VICTOR, M.M. 1975. *A devastação florestal*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura. São Paulo.

ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis* (3rd edition). Prentice Hall, New Jersey.