
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)

ECOFISIOLOGIA DE *Clausena excavata* BURM. F. (RUTACEAE),
UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA

DANIELA CRISTINE MASCIA VIEIRA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Rio Claro
Estado de São Paulo - Brasil
Abril – 2009

**ECOFISIOLOGIA DE *Clausena excavata* BURM. F. (RUTACEAE),
UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA**

DANIELA CRISTINE MASCIA VIEIRA

Orientador: Prof. Dr. MASSANORI TAKAKI

Tese apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências Biológicas (Biologia Vegetal).

Rio Claro
Estado de São Paulo - Brasil
Abril – 2009

581.1 Vieira, Daniela Cristine Mascia
V658e Ecofisiologia de *Clausena excavata* Burm. f. (Rutaceae),
 uma espécie exótica invasora / Daniela Cristine Mascia
 Vieira. – Rio Claro : [s.n.], 2009
 91f. : il., fig., gráfs., tabs., fots.

 Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Biociências de Rio Claro

 Orientador: Massanori Takaki

 1. Ecofisiologia vegetal. 2. Invasão biológica. 3.
Restauração florestal. 4. Tolerância ao sombreamento. 5.
Fenologia reprodutiva. 6. Semente recalcitrante. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI – Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA VEGETAL)

TESE DE DOUTORADO defendida em 06/05/2009

"ECOFISIOLOGIA DE *Clausena excavata* BRUM. F. (RUTACEAE); UMA ESPÉCIE
EXÓTICA INVASORA".

DANIELA CRISTINE MASCIA VIEIRA

COMISSÃO EXAMINADORA:



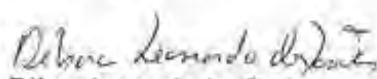
Prof. Dr. Massanori Takaki



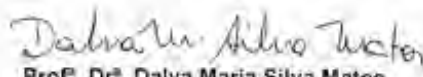
Prof. Dr. Victor José Mendes Cardoso



Prof. Dr. Sergius Gandolfi



Prof. Dr. Débora Leonardo dos Santos



Prof. Dr. Dalva Maria Silva Matos

*“Desejo...que você plante uma semente,
Por mais minúscula que seja,
E acompanhe o seu crescimento,
Para que você saiba de quantas
Muitas vidas é feita uma árvore.”*

Ao Fã e aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Botânica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” pela oportunidade.

Ao Prof. Dr. Massanori Takaki pela orientação e apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos.

À Prefeitura Municipal de Iracemápolis (SP) por permitir o desenvolvimento do estudo na área da Represa de Abastecimento.

Ao Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI/UNICAMP) pelos dados climáticos.

Aos colegas de pós-graduação pelo convívio e amizades que fazemos.

Aos meus pais e irmãos pelo amor. Certamente torceram para que este dia chegasse e sempre estarão torcendo por mim!

Ao Fá pela companhia em todos os sentidos! À sua dedicação e amor em tudo que temos construído. Às vezes... *”a felicidade só é real quando compartilhada”*

A todos que torcem pelas minhas conquistas e de alguma maneira contribuem para o meu crescimento pessoal... só por isso sou grata!

Índice

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	v
RESUMO GERAL.....	vii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS.....	5
CAPÍTULO 1. GERMINAÇÃO DE SEMENTES E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE <i>Clausena excavata</i> BURM. F. (RUTACEAE), UMA ESPÉCIE EXÓTICA.....	
	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
4 CONCLUSÕES.....	21
5 REFERÊNCIAS.....	22
CAPÍTULO 2. DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA - <i>Clausena excavata</i> BURM. F. (RUTACEAE) - EM DIFERENTES AMBIENTES DE LUZ.....	
	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	33
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4 CONCLUSÕES.....	43
5 REFERÊNCIAS.....	44

CAPÍTULO 3. ESTRUTURA DE TAMANHO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE <i>Clausena excavata</i> BURM. F. (RUTACEAE), ESPÉCIE EXÓTICA, EM UMA FLORESTA PLANTADA NO BRASIL.....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	55
1 INTRODUÇÃO.....	56
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
4 CONCLUSÕES.....	64
5 REFERÊNCIAS.....	65
 CAPÍTULO 4. FENOLOGIA REPRODUTIVA DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA - <i>Clausena excavata</i> BURM. F. (RUTACEAE) EM FLORESTA PLANTADA NO BRASIL.....	75
RESUMO.....	75
ABSTRACT.....	76
1 INTRODUÇÃO.....	77
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	79
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4 CONCLUSÕES.....	84
5 REFERÊNCIAS.....	85
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91

LISTA DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO 1	
1 Porcentagem média de germinação de sementes de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. na presença de luz (□) e na ausência de luz (■) constantes. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	26
2 Velocidade média de germinação de sementes de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. na presença de luz (□) e na ausência de luz (■) constantes. As barras verticais indicam o erro padrão da média.....	27
3 Polígonos da freqüência relativa da germinação de sementes de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. nas diferentes temperaturas na presença de luz (□) e na ausência de luz (■) constantes. TM = tempo médio de germinação (dias). U = índice de sincronização de germinação (bits).....	28
4 Freqüência relativa da emergência das plântulas de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. nos ambientes a pleno sol (□) e de sombra (■), no Jardim Experimental (UNESP/Rio Claro)..	29
CAPÍTULO 2	
1 Partição da biomassa das plantas de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. desenvolvidas a pleno sol (A) e na sombra (B), ao longo de um ano.....	49
CAPÍTULO 3	
1 Foto aérea da represa municipal de Iracemápolis (SP) mostrando a disposição das parcelas. (Ano da foto: 2000)....	69
2 Distribuição em classe de altura (A) e de circunferência do caule (B) dos indivíduos de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. (n=824) na área reflorestada (Iracemápolis, SP).....	70

3	Adensamento de regenerantes de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. na área reflorestada (Iracemápolis, SP).....	71
4	Densidade de indivíduos regenerantes (CAP<10 cm) (A) e adultos (CAP≥10 cm) (B) de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. em cada parcela na área reflorestada (Iracemápolis, SP).....	72
5	Relação entre a densidade de plântulas e indivíduos jovens (A), de indivíduos jovens e adultos (B) e de regenerantes (plântulas e juvenis) e adultos (C) de <i>Clausena excavata</i> Burm. f.....	73

CAPÍTULO 4

1	Porcentagem de indivíduos (A) e percentual de intensidade de Fournier (B) de <i>Clausena excavata</i> Burm. f (n=139) em floração e frutificação ao longo do período estudado (junho/2007 a maio/2008). C. Dados climáticos do município de Iracemápolis (SP) para o período de 1961 a 1991. As barras sob o gráfico indicam o período seco (pluviosidade mensal <100 mm) (Fonte: http://www.cpa.unicamp.br/ , dados adaptados).....	89
---	---	----

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO 1	
1 Comportamento da emergência das plântulas de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. nos dois ambientes testados.....	30
CAPÍTULO 2	
1 Média $\pm$ erro padrão ($n = 10$; $*n = 6-10$) da altura, razão entre a massa seca da raiz e da parte aérea, área foliar e área foliar específica das plantas de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. desenvolvidas a pleno sol e na sombra. Médias mensais seguidas de mesma letra indicam que não há diferença significativa, pelo Teste t, entre as plantas de sol e sombra para determinado parâmetro.....	50
2 Biomassa total média, seguida do erro padrão da amostra ($n=10$), das plântulas de <i>Clausena excavata</i> Burm. f., a cada mês, desenvolvidas a pleno sol e na sombra.....	51
3 Índices de plasticidade fenotípica para algumas variáveis avaliadas entre as plantas de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. desenvolvidas a pleno sol e na sombra, aos 6 e 12 meses de idade.....	52
CAPÍTULO 3	
1 Características das plântulas, indivíduos jovens e adultos de <i>Clausena excavata</i> Burm. f. amostrados na área reflorestada (Iracemápolis, SP). n =número de indivíduos amostrados; FA =frequência absoluta.....	74

CAPÍTULO 4

- 1 Valores significativos do coeficiente de correlação de Spearman (r_s) entre os fatores climáticos (precipitação média mensal e temperatura média mensal) e as fenofases observadas em *Clausena excavata* Burm. f..... 90

RESUMO GERAL – As espécies invasoras são reconhecidas como um dos mais importantes e difíceis fatores que influenciam a conservação dos ecossistemas nativos. Na restauração de ambientes degradados, estas espécies podem afetar profundamente a trajetória do recobrimento vegetal pelas espécies nativas e, conseqüentemente, a composição do ecossistema. Um fator importante para o sucesso de algumas espécies vegetais invasoras é a plasticidade fenotípica, dando-lhes grande capacidade de aclimação em diversas condições ambientais. O conhecimento dos fatores ambientais e das características da planta que contribuem para o sucesso das espécies invasoras é de grande importância para prever a habilidade de invasão e para esforços de manejo. Neste contexto, o objetivo principal deste estudo foi conhecer algumas características fisiológicas e ecológicas de *Clausena excavata* Burm. f., uma espécie de árvore exótica reconhecida como invasora em algumas regiões no mundo, no intuito de compreender o sucesso da espécie como invasora e contribuir com informações relevantes para possíveis tentativas de controle. Primeiramente, foram avaliados os efeitos da luz e da temperatura em sua germinação (condição controlada) e o efeito da luz na emergência de suas plântulas (condição natural, a pleno sol e sob a copa das árvores). As sementes germinaram tanto na presença como na ausência de luz, nas temperaturas de 20 a 35°C, sem diferença entre a porcentagem de sementes germinadas nas diferentes temperaturas. Sementes mantidas a 20°C, em ambas as condições de luz, germinaram mais lentamente em relação às demais temperaturas. Independente da temperatura, na presença de luz as sementes apresentaram uma germinação muito mais sincronizada do que aquelas mantidas no escuro. Tais resultados mostraram que as sementes de *C. excavata* são fotoblásticas neutra. Em campo, a emergência ocorreu em ambos os ambientes, porém a pleno sol todas as sementes originaram uma plântula. A sincronia e velocidade de emergência foram iguais nas duas condições testadas. Em seguida, estas plântulas foram acompanhadas com o objetivo de avaliar, em condições naturais, o efeito da luz em seu desenvolvimento. O acompanhamento das plantas foi mensal, pelo período de um ano. As plântulas de *C. excavata* desenvolveram-se em ambos ambientes. Plantas desenvolvidas a pleno sol apresentaram maior investimento em raiz, folhas mais espessas e maior taxa de crescimento relativo em relação às plantas sombreadas. A espécie apresentou alta plasticidade fenotípica e adaptação à disponibilidade de luz. Em uma floresta em processo de restauração, foram

estudadas as características ecológicas de uma população de *C. excavata*. Com a finalidade de identificar os ambientes por ela ocupados, foram descritas a estrutura e distribuição espacial desta população e verificado se a sua distribuição estava correlacionada à abertura do dossel. A densidade de plântulas no reflorestamento foi de 0,70 ind.m⁻², de juvenis de 0,53 ind.m⁻² e de adultos de 0,02 ind.m⁻². A população apresentou distribuição de tamanho na forma “J invertido”, com aproximadamente 40% dos indivíduos na primeira classe de altura e de circunferência. O padrão de dispersão espacial de *C. excavata* na área foi bastante agregado e não correlacionado com a disponibilidade de luz. Notou-se que a regeneração da espécie tem ocorrido nas proximidades das plantas mãe, sugerindo que a dispersão das sementes ocorre a curtas distâncias e que a mortalidade das plântulas é baixa próxima às matrizes. Por fim, acompanhou-se a fenologia reprodutiva (floração e frutificação) de *C. excavata*, com os objetivos de descrevê-la e verificar se há relação entre as fenofases e os fatores climáticos (precipitação e temperatura). Para isso, foram acompanhados por um ano 139 indivíduos com CAP $\geq$ 10 cm. A floração de *C. excavata* ocorreu ao longo do ano todo, com exceção do mês de julho, com maior intensidade nos meses de setembro e outubro, período caracterizado pelo final da estação seca e início da estação chuvosa. Neste mesmo período, observou-se também que a maioria dos indivíduos estava florido. A frutificação se deu por um longo período, porém apresentando sazonalidade na estação úmida. As fenofases apresentaram alto sincronismo. Os resultados ajudaram a compreender melhor seu sucesso como espécie invasora na área estudada, uma vez que suas sementes são recalcitrantes e sua produção está sincronizada para um período favorável ao seu estabelecimento.

Palavras-chave: espécie invasora, fenologia reprodutiva, plasticidade fenotípica, restauração florestal, sementes recalcitrantes, tolerância à sombra

ABSTRACT – The invasive species are recognized one of more important and difficult factors that prejudice the conservation of native ecosystems. In the restoration of degraded environment, these species can to affect profoundly the trajectory of recovery by native species and, therefore, the ecosystems composition. An important factor to the success of invasive species is their phenotypic plasticity, which gives them a great ability to adjust in several environmental conditions. The knowledge of environmental factors and plant characteristics that contribute to the success of invasive species is very important to predict the invasion capacity and to manage efforts. In this context, the main objective of this study was to know some physiological and ecological characteristics of *Clausena excavata* Burm. f., a non-native tree species recognized as invasive somewhere of the world, with intention to understand the success of this species as invasive and to contribute with relevant informations for a possible management. At first, were evaluated the effects of light and temperature on their seeds germination (controlled condition) and the effect of light on seedling emergence (natural condition, at full sun and shade). The seeds germinated in presence and absence of light, from 20 to 35°C, without difference among the germination percentage at different temperatures. Seeds maintained in 20°C, at both light conditions, germinated slowly than others temperatures. Independent of temperature, in light the seeds showed a germination more synchronized than the seeds kept in darkness. Those results showed that *C. excavata* have neuter photoblasics seeds. On the field, the emergence occurred at both environments, but at full sun all seeds produced a seedling. The seedling emergence occurred with same rate and synchronization index on two tested conditions. Thereafter, the seedlings were observed with purpose to evaluate, at natural conditions, the effect of light on their growth. The seedling growth was observed for 12 months. The seedlings developed under both tested environments. Sun plants displayed higher investment in root, thicker leaves and higher relative growth rate than the shade plants. The species showed high phenotypic plasticity and light adaptation. In a restored forest, were studied the ecological characteristics of a *C. excavata* population. To identify the occupied habitats by this species, were described the structure and spatial distribution of this population and checked if the distribution was linked with canopy open. The seedlings density on the restored florest was 0.70 individuals.m⁻², saplings 0.53 individuals.m⁻² and, trees 0.02 individuals.m⁻². This population showed size distribution in form “inverted J”, with

about 40% of individuals on first class of height and perimeter. The spatial pattern of *C. excavata* was much clumped and not correlated with light availability. The regeneration has happened on surroundings of patterns tree, suggesting that the seed dispersal occur in short distances and that the seedling mortality is low near to parents. At last, was observed the reproductive phenology (flowering and fruiting) of *C. excavata*, with aim to describe her and to verify if have relation among the phenological phases and the climatic factors (rainfall and temperature). For that, were observed 139 plants (stem perimeter ≥ 10 cm) for one year. *C. excavata* flowering occurred for all year, save on July, happening intensively on September and October, at the finish of drought season and the beginning of rainy season. In the same period, the great part of plants flowered. The fruiting occurred for all year, but showing seasonality on rainy season. The reproductive phenological phases presented high synchronism. These results helped for a better understanding of your invasive success in this forest, once upon a time have recalcitrant seeds and your seed production is synchronized with a favourable time for your establishment.

Key words: invasive species, reproductive phenology, phenotypic plasticity, restoration ecology, recalcitrant seed, shade tolerance

INTRODUÇÃO GERAL

INVASÕES BIOLÓGICAS E OS FATORES AMBIENTAIS

Os impactos das espécies exóticas são atualmente bastante reconhecidos e acredita-se que nenhuma área no mundo parece estar livre destes impactos (VITOUSEK et al., 1997). Atividades humanas, como a introdução deliberada ou acidental de espécies, a fragmentação florestal e a exploração de recursos madeireiros têm contribuído para a invasão e propagação de espécies exóticas (GUREVITCH et al., 2006).

As espécies invasoras são reconhecidas como um dos mais importantes e difíceis fatores que influenciam a conservação dos ecossistemas nativos a longo prazo (HOBBS & MOONEY, 1993 apud MEDEIROS, 2004), sendo uma das maiores ameaças à biodiversidade (WASHITANI, 2001) que algumas vezes causam mudanças irreparáveis (FINE, 2002). Na restauração de ambientes degradados, as espécies invasoras podem afetar, de maneira bastante negativa, a trajetória do recobrimento vegetal pelas espécies nativas e, conseqüentemente, a composição do ecossistema (HOBBS & MOONEY, 1993 apud MEDEIROS, 2004).

Estas espécies podem ser nativas de uma região, mas usualmente são exóticas que estão longe de seu habitat nativo, por vezes em outros continentes. Na maioria dos casos, elas não se dispersaram naturalmente, mas foram transportadas por pessoas (GUREVITCH et al., 2006). Conforme definição de RICHARDSON et al. (2000), as espécies vegetais invasoras são exóticas que desenvolvem altas taxas de crescimento, reprodução e dispersão em ecossistema natural ou antrópico. De acordo com MYERS & BAZELY (2003), os jardins botânicos são excelentes fontes de espécies introduzidas.

Sabe-se, no entanto, que nem todos os organismos introduzidos em um novo ambiente são capazes de colonizá-lo com sucesso, somente uma fração pequena se torna invasora (WILLIAMSON, 1996).

O estabelecimento de cada espécie é dependente da disponibilidade de um local, no qual a semente dispersa encontra um microhabitat adequado para uma germinação e crescimento bem sucedidos (HARPER, 1977). Este conceito é especialmente importante na avaliação das trajetórias de uma espécie invasora em um dado ambiente. A principal preocupação nesta avaliação é entender a função do distúrbio na facilitação da invasão (BAZZAZ, 1986). Porém, nem todas as espécies exóticas invasoras respondem favoravelmente ao distúrbio (FINE, 2002), sendo as plantas mais problemáticas aquelas que se estabelecem também em áreas sombreadas ou pouco perturbadas (BAZZAZ, 1986). FINE (2002) ressalta que a tolerância ao sombreamento é uma característica raramente observada entre as espécies exóticas.

Características específicas que facilitam a invasão, como rápida maturação, capacidade reprodutiva alta e sementes sem necessidade de pré-tratamento para germinação (WHEELWRIGHT, 1986; REJMÁNEK & RICHARDSON, 1996), também contribuem para o desenvolvimento de adensamentos de plantas, responsáveis pelo declínio de espécies nativas (WHEELWRIGHT, 1986).

As características reprodutivas são cruciais para o sucesso da invasão de uma planta (KRINKE et al., 2005). Poucas são as espécies invasoras que apresentam propagação vegetativa, a maioria delas depende da dispersão de suas sementes. Acredita-se que a habilidade de se produzir um número grande de sementes aumenta o sucesso da invasão e que a facilidade de germinar em diversas condições seja outra condição necessária para este sucesso (REJMÁNEK, 1996).

Características relacionadas à dispersão de sementes, à capacidade de estabelecimento de plântulas e à susceptibilidade a herbívoros são algumas das quais pode-se prever a habilidade de invasão de uma espécie (PATTISON et al., 1998).

Neste sentido, os estudos fenológicos podem ajudar a compreender as estratégias reprodutivas destas espécies (WHEELWRIGHT, 1986). Além disso, o conhecimento detalhado da biologia das invasoras, especialmente ao que se refere

ao comportamento fenológico e demográfico, é necessário para que as técnicas de controle sejam eficientes (RECASENS et al., 2005).

Em geral, quanto maior a pressão de propágulos (p.ex. chegada de sementes), maiores são as chances de uma comunidade vegetal ser invadida por determinada espécie. A produção de um grande número de propágulos, geralmente vindo de populações grandes, é um dos únicos fatores que consistentemente predizem o sucesso de invasão (FINE, 2002). Outra característica que está associada às espécies invasoras e que contribui para a pressão de propágulos é o curto intervalo entre episódios de frutificação (REJMANEK & RICHARDSON, 1996).

Além da chegada de sementes, alguns outros fatores, como temperatura, precipitação, disponibilidade de luz e competição determinam a densidade de uma população de plantas em certa área e conseqüentemente sua distribuição geográfica (MYERS & BAZELY, 2003).

De acordo com BASKIN & BASKIN (1988), a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas são regulados pela temperatura, luz e umidade do solo. O efeito que a temperatura exerce sobre a germinação tem especial importância para a ecologia de populações. Para espécies com ampla distribuição e para aquelas adaptadas às grandes flutuações de temperatura em seu habitat, a faixa de temperatura para o início da germinação é extensa (LARCHER, 2000).

Para o processo de germinação das sementes, a água é um recurso essencial (FENNER & THOMPSON, 2006). Quanto maior a disponibilidade deste recurso, desde que em determinadas proporções, mais rápido é o processo de embebição das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA, 1983). Nas regiões tropicais e subtropicais em que existem estações secas e chuvosas, as fenofases estão relacionadas às alterações periódicas de disponibilidade de água e a estação chuvosa representa o principal período de crescimento (LARCHER, 2000).

De acordo com WILLIAMS et al. (1995), a plasticidade fenotípica é um importante fator para o sucesso de algumas espécies vegetais invasoras. Esta plasticidade concede às plantas invasoras uma grande capacidade de aclimação em diversas condições ambientais e tolerância ao estresse (ALPERT et al., 2000; SAKAI et al., 2001).

A ESPÉCIE ESTUDADA

Neste trabalho foram estudadas algumas características fisiológicas e ecológicas de *Clausena excavata* Burm. f. (vampi, clausena curry), uma espécie arbórea nativa da Índia, Sudeste Asiático e Filipinas. O estudo ecofisiológico foi direcionado à germinação de suas sementes e desenvolvimento de suas plântulas. Em uma área de floresta em processo de restauração, foram estudadas as características populacionais e fenológicas.

Clausena excavata é considerada invasora no Hawaii (SPACE & IMADA, 2004) e reconhecida na Austrália como planta daninha, comum na vegetação da Ilha Christmas (GREEN et al., 2004), onde, provavelmente, foi introduzida por equívoco no lugar da similar *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (Rutaceae). Atualmente, encontra-se completamente espalhada no estrato de regeneração, difundindo-se rapidamente nas áreas de floresta tropical, estabelecendo-se tanto no interior da floresta como nas áreas marginais e outras áreas com distúrbios. Suas sementes são dispersas por aves e as plântulas são ignoradas pelos predadores da ilha (SWARBRICK & HART, 2000).

No Brasil, em uma área reflorestada, a espécie apresentou grande aporte de sementes e foi apontada como predominante no estrato regenerativo da comunidade, ocorrendo com a maior abundância de indivíduos e sendo a única espécie presente em todas as unidades amostrais (VIEIRA & GANDOLFI, 2006), revelando seu potencial invasor.

Clausena excavata apresenta altura entre 6 e 9 m e forma copa irregular e aberta. Suas flores são esbranquiçadas e pequenas, dispostas em panículas terminais de 20 a 30 cm de comprimento. Os frutos são drupas elipsóides brilhantes, rosados, com 7 a 10 mm de comprimento, com polpa succulenta e adocicada, que contem de 1 a 2 sementes (LORENZI et al., 2003) (Figuras 1 e 2) não dormentes (NG, 1980 apud BASKIN & BASKIN, 1998). A propagação da espécie ocorre exclusivamente por semente (LORENZI et al., 2003). São conhecidas propriedades medicinais em suas folhas, casca e raízes (WU et al., 1998).

REFERÊNCIAS

- ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPFEL, C. Invasiveness, invisibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.3, p.52-66, 2000.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **American Journal of Botany**, v.75, p.286-305, 1988.
- BASKIN, C.C.; BASKIN J.M. **Seeds**: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BAZZAZ, F.A. Life history of colonizing plants. In: MOONEY, H.A.; DRAKE, J.A. (Ed.) **Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii**. New York: Springer-Verlag, 1986. p. 96-110.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- FENNER, M.; THOMPSON, K. **The ecology of seeds**. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 250p.
- FINE, P.V.A. The invisibility of tropical forests by exotic plants. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.687-705, 2002.
- GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance. **Biological Invasions**, v.6, p.1-9, 2004.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **The ecology of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2006. 574p.
- HARPER, J.L. **Population Biology of Plants**. New York: Academic Press, 1977.
- KRINKE, L.; MORAVCOVÁ, L.; PYŠEK, P.; JAROŠIK, V.; PERGL, J.; PERGLOVÁ, I. Seed bank of an invasive alien, *Heracleum mantegazzianum*, and its seasonal dynamics. **Seed Science Research**, v.15, p.239-248, 2005.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2000. 531p.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368p.
- MEDEIROS, A.C. Phenology, reproductive potential, seed dispersal and predation, and seedling establishment of three invasive plant species in a Hawaiian rain

- forest. 2004. 276f. Tese (Doutorado) - University of Hawaii, Manoa, Honolulu, 2004.
- MYERS, J.H.; BAZELY, D.R. **Ecology and control of introduced plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 313p.
- PATTISON, R.R.; GOLDSTEIN, G.; ARES, A. Growth, biomass allocation and photosynthesis of invasive and native Hawaiian rainforest species. **Oecologia**, v.117, p.449-459, 1998.
- RECASENS, J.; CALVET, V.; CIRUJEDA, A.; CONESA, J.A. Phenological and demographic behaviour of an exotic invasive weed in agroecosystems. **Biological Invasions**, v.7, p.17-27, 2005.
- REJMÁNEK, M. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. **Biological Conservation**, v.78, p.171-181, 1996.
- REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D.M. What attributes make some plant species more invasive? **Ecology**, v.77, p.1655-1661, 1996.
- RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, D.; WEST, C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, v.6, p.93-107, 2000.
- SAKAI, A.K. et al. The population biology of invasive species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.32, p.305-332, 2001.
- SPACE, J.C.; IMADA, C.T. **Report to the Republic of Kiribati on invasive plant species on the islands of Tarawa, Abemama, Butaritari and Maiana**. Honolulu: U.S.D.A. Forest Service/Bishop Museum, 2004. Disponível em: <http://www.bishopmuseum.org/research/pbs/pdf/kiribati.pdf> Acesso em: 22 ago. 2007.
- SWARBRICK, J.T.; HART, R. Environmental weeds of Christmas Island (Indian Ocean) and their management. **Plant Protection Quarterly**, v.16, p.54-57, 2000.
- VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.541-554, 2006.
- VITOUSEK, P.M.; D'ANTONIO, C.M.; LOOPE, L.L.; REJMANEK, M.; WESTBROOKS, R. Introduced species: a significant component of human-caused global change. **New Zealand Journal of Ecology**, v.21, p.1-16, 1997.

- WASHITANI, I. Plant conservation ecology management and restoration of riparian habitats of lowlands Japan. **Population Ecology**, v.43, p.189-195, 2001.
- WHEELWRIGHT, N.T. A seven-year study in individual variation in fruit production in tropical bird-dispersed tree species in the family Lauraceae. In: ESTRADA, A.; FLEMING, T.H. (Ed.) **Frugivores and Seed Dispersal**. Dordrecht, Netherlands: Dr W. Junk Publishers, 1986. p.19-35.
- WILLIAMS, D.G.; MACK, R.N.; BLACK, R.A. Ecophysiology of introduced *Pennisetum setaceum* on Hawaii: the role of phenotypic plasticity. **Ecology**, v.76, p.1569-1580, 1995.
- WILLIAMSON, M. **Biological invasions**. London: Chapman & Hall, 1996. 244p.
- WU, T-S., HUANG, S-C.; WU, P-L. Lactonic carbazole alkaloids from the root bark of *Clausena excavata*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v.46, p.1459-1461, 1998.



Figura 1 - *Clausena excavata* Burm. f. (A) Flores. (B) Frutos verdes e maduros. (C) indivíduo em reprodução. Fotos B e C (<http://www.tradewindsfruit.com>)

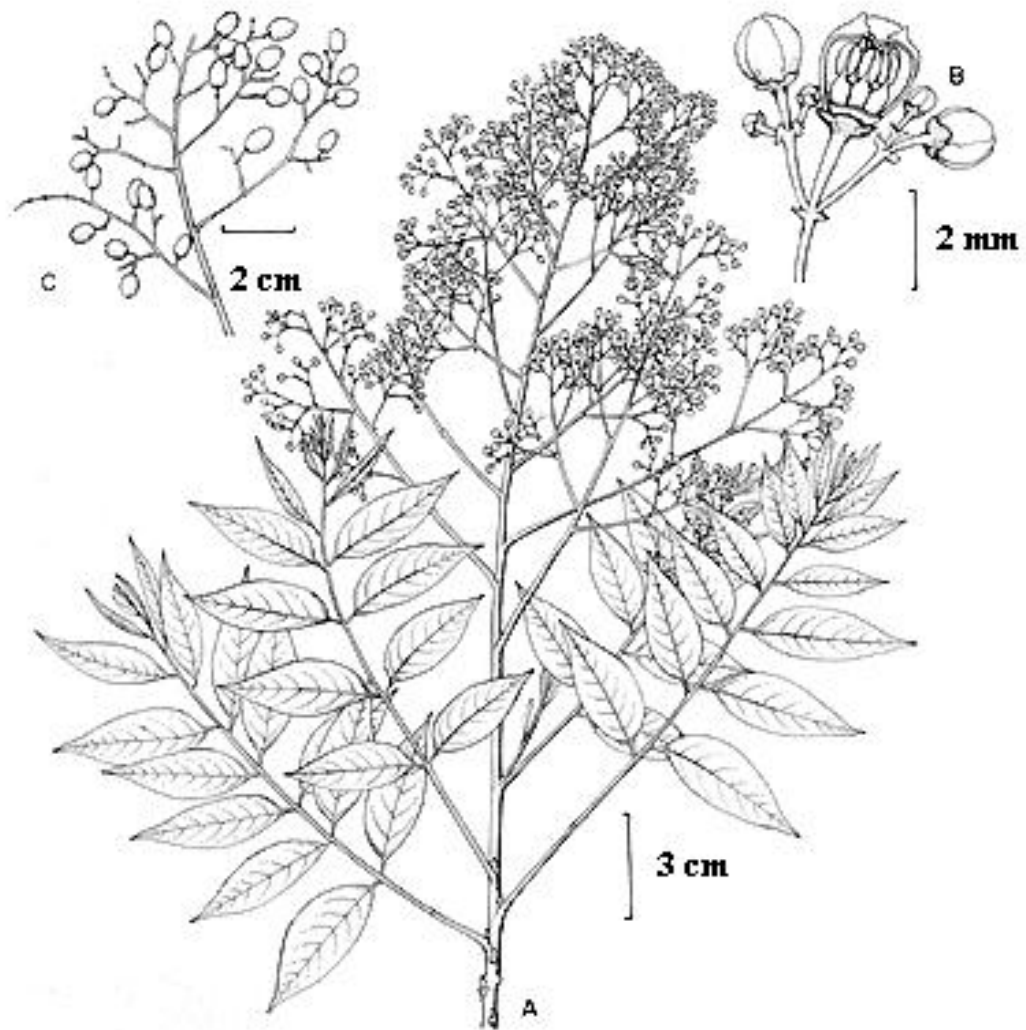


Figura 2 - *Clausena excavata* Burm. f. (A) Ramo com folhas e flores. (B) Parte da inflorescência (uma flor com duas pétalas removidas). (C) Parte da infrutescência. Adaptado de Tree Flora of Sabah and Sarawak (<http://www.phylodiversity.net/borneo/delta/Itemscan/clusena.gif>).

CAPÍTULO 1. GERMINAÇÃO DE SEMENTES E EMERGÊNCIA DE PLÂNTULAS DE *Clausena excavata* BURM. F. (RUTACEAE), UMA ESPÉCIE EXÓTICA

RESUMO – *Clausena excavata* Burm. f. é uma espécie de árvore exótica, com dispersão zoocórica, com comportamento invasor em algumas regiões no mundo. Este estudo teve como objetivos avaliar os efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *C. excavata* e o efeito da luz na emergência de suas plântulas. O experimento de germinação foi realizado em temperaturas constantes de 10 a 40°C, com intervalos de 5°C, e mantido na presença e ausência de luz. O experimento de emergência foi realizado no Jardim Experimental da UNESP/Rio Claro (SP), sob duas condições de luz, a pleno sol e à sombra, sob a copa das árvores. As sementes germinaram tanto na presença como na ausência de luz, nas temperaturas de 20 a 35°C, sem diferença entre a porcentagem de sementes germinadas nas diferentes temperaturas. Quanto à velocidade de germinação, sementes mantidas a 20°C, em ambas as condições de luz, germinaram mais lentamente em relação às demais temperaturas. Independente da temperatura, na presença de luz as sementes apresentaram uma germinação muito mais sincronizada do que aquelas mantidas no escuro. Em campo, a emergência ocorreu em ambos os ambientes, porém em maior porcentagem a pleno sol, onde todas as sementes originaram uma plântula. A emergência se deu com mesma velocidade nas duas condições testadas. Quanto à sincronia, as plântulas emergiram igualmente em ambas as condições. Assim, pode-se dizer que *C. excavata* possui sementes fotoblásticas neutras e apesar da influência da luz na porcentagem de emergência de suas plântulas, o potencial invasivo da espécie é alto tanto em ambientes com disponibilidade de luz quanto em ambientes sombreados.

Palavras-chave: *Clausena*, emergência de plântula, espécie invasora, germinação, fotoblastismo neutro

ABSTRACT - *Clausena excavata* Burm. f. is an exotic tree, zoochoric, invasive on some places of world. The objectives of this study were to evaluate the effects of light and temperature on the seed germination of *C. excavata* and the effect of light on seedling emergence. The seeds were incubated at constant temperatures in the range of 10 to 40°C, with interval of 5°C, under continuous white light and darkness. The seedling emergence was evaluated on Experimental Garden of UNESP/Rio Claro (SP), under two conditions of luminosity, at full sun and shade, under canopy. The seeds germinated in presence and absence of light, from 20 to 35°C, without difference among the germination percentage at different temperatures. With regard to germination rate, seeds maintained in 20°C, at both light conditions, germinated slowly than others temperatures. Independent of temperature, in light the seeds showed a germination more synchronized than the seeds kept in darkness. On the field, the emergence occurred at both environments, but with higher percentage at full sun, where every seeds produced a seedling. The seedling emergence occurred with same rate and synchronization index on two tested conditions. Thus, *C. excavata* have neuter photoblastic seeds and although the light have influence on emergence percentage of theirs seedling, the invader potential of the species is high in both open areas, with light availability, and shaded environments.

Key words: *Clausena*, seedling emergence, invasive species, germination, neuter photoblastic

1 INTRODUÇÃO

As invasões biológicas constituem uma das maiores ameaças à biodiversidade local e global (WASHITANI, 2001). No Brasil, pouco se conhece sobre as espécies invasoras (PETENON & PIVELLO, 2008). Estas invasões podem causar impactos em diversos níveis, com efeitos sobre os indivíduos (como mortalidade e crescimento), sobre a dinâmica de populações (abundância, crescimento populacional e extinção), sobre a comunidade (riqueza de espécies e diversidade) e sobre os processos ecológicos (PARKER et al., 1999). Neste processo, as espécies exóticas invasoras passam a dominar o ambiente e a causar danos às espécies originais e ao próprio funcionamento dos ecossistemas, podendo, em muitos casos, levar à extinção de espécies nativas (PIVELLO, 2007).

As espécies invasoras apresentam as mais diversas formas de vida, de ervas a árvores, e ocorrem nos mais variados ecossistemas (CRONK & FULLER, 1995; SEASTEDT, 2007).

Em florestas tropicais pouco perturbadas, lianas e trepadeiras são comumente encontradas nas bordas, já nas clareiras é freqüente a ocorrência de colonização de espécies exóticas (DISLICH et al., 2002). Porém, segundo estes mesmos autores, áreas perturbadas e pequenos fragmentos são mais suscetíveis às invasões biológicas, pois muitas delas são espécies heliófitas, que encontram nestes locais uma maior oportunidade de estabelecimento. Dentre algumas das características que as espécies exóticas apresentam e que promovem seu sucesso como invasoras estão o crescimento rápido, a adaptação ao estresse ambiental e a alta tolerância à heterogeneidade ambiental (SAKAI et al., 2001).

Distúrbios em florestas tropicais, por meio de formação de clareiras, têm sido vistos como mudanças no habitat, influenciando muitos fatores abióticos, como disponibilidade de luz e presença de serapilheira, alterando a temperatura e o nível de umidade (EVERHAM III et al., 1996).

De acordo com BASKIN & BASKIN (1988), a temperatura, a luz e a umidade do solo são os fatores ambientais mais importantes que regulam a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas. A germinação de sementes é um processo de retomada de crescimento do embrião, resultante de reações bioquímicas complexas, que se inicia mediante condições favoráveis destes fatores (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

As condições ótimas em que acontecem a germinação das sementes e a emergência das plântulas refletem as condições ótimas para o crescimento de uma espécie, sendo a sobrevivência e a invasão das plantas fortemente associadas com os mecanismos de germinação e emergência (REJMÁNEK & RICHARDSON, 1996). Estudos de germinação de sementes são importantes não somente pelas informações úteis à tecnologia de sementes, mas também porque auxiliam a compreensão da ecofisiologia das espécies vegetais (BORGHETTI & FERREIRA, 2004), contribuindo para a explicação de muitas peculiaridades biogeográficas das espécies (BORGHETTI, 2005) e, no caso das invasoras, para predizer possíveis ambientes sujeitos à invasão segundo atributos específicos (CORDELL et al., 2002).

Clausena excavata Burm. f. – vampi, clausena curry – (Rutaceae) é uma espécie arbórea semidecídua, nativa da Índia, Sudeste Asiático e Filipinas. Apresenta altura entre 6 e 9 m, com copa irregular e aberta. Suas flores são esbranquiçadas e pequenas, dispostas em panículas terminais de 20 a 30 cm de comprimento. Os frutos são drupas elipsóides brilhantes, rosados, com 7 a 10 mm de comprimento, com polpa succulenta e adocicada, que contem de 1 a 2 sementes (LORENZI et al., 2003) não dormentes (NG, 1980 apud BASKIN & BASKIN, 1998). São conhecidas propriedades medicinais em suas folhas, casca e raízes (WU et al., 1998). No Brasil, sua regeneração natural foi relatada como predominante em uma floresta em processo de restauração (VIEIRA & GANDOLFI, 2006), indicando seu potencial invasor. É reconhecida na Austrália como planta daninha, comum na vegetação da Ilha Christmas (GREEN et al., 2004), e como invasora no Hawaii (SPACE & IMADA, 2004).

Este estudo teve como objetivos avaliar os efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Clausena excavata* e o efeito da luz na emergência de suas plântulas, visando contribuir para o entendimento da capacidade de invasão da espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *Clausena excavata* Burm. f. foram colhidas de frutos maduros de 20 indivíduos de uma população localizada em uma floresta em restauração, no município de Itacemópolis, SP, Brasil (22°35'S 47°31'W), em janeiro de 2006. A floresta constitui um reflorestamento heterogêneo, com espécies nativas e exóticas, com aproximadamente 19 anos. O clima da região onde a floresta foi implantada é do tipo Cwa (tropical de altitude com inverno seco e verão úmido e quente), segundo a classificação de KÖPPEN (1948), e a precipitação total anual varia entre 1.100 e 1.700 mm (OLIVEIRA, 2004).

Depois de coletados, no Laboratório de Fotomorfogênese de Plantas (UNESP/Rio Claro), os frutos foram despulpados em água corrente e as sementes separadas manualmente. Para os experimentos de germinação, as sementes foram dispostas em “gerbox” (caixas acrílicas), incolores e pretas, respectivamente para os tratamentos de luz e escuro, forrados com papel filtro umedecido inicialmente com 10 mL de água destilada. Para mantê-los úmidos, foi adicionada água destilada quando necessário. Os tratamentos sob luz branca foram realizados utilizando-se duas lâmpadas fluorescentes do tipo “luz do dia” de 15 W cada com fluência de 32,85 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ao nível das sementes. Os experimentos foram conduzidos em germinadores (modelo 347-G da FANEM e modelo MA 403 da MARCONI) regulados nas temperaturas constantes de 10 a 40°C, com intervalos de 5°C ($\pm 1^\circ\text{C}$). Para cada tratamento foram usadas quatro repetições de 25 sementes. O conteúdo de água das sementes de *C. excavata* foi de 50,78%; determinado segundo prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), após secagem de 100 sementes, recém colhidas, em estufa a 105°C por período de 24h. De acordo com CHIN (1989), sementes com este conteúdo de água, no período de dispersão, são classificadas como recalcitrantes.

Em intervalos de 24 horas, as sementes foram contadas e removidas quando germinadas. Foram consideradas germinadas aquelas que apresentaram raiz primária com comprimento mínimo de 1 mm (Brasil 1992). Os tratamentos de escuro foram observados sob luz verde de segurança (AMARAL-BAROLI & TAKAKI, 2001). O monitoramento dos experimentos foi encerrado quando as porcentagens de germinação tornaram-se constantes por um período de cinco dias.

A emergência das plântulas de *C. excavata* foi avaliada em dois ambientes com disponibilidades de luz distintas – a pleno sol e na sombra, sob a copa das árvores – localizados no Jardim Experimental (UNESP/Rio Claro), em fevereiro de 2006. No ambiente a pleno sol, a razão V/VE média é de 1,22 (SANTOS et al., 2006) e a temperatura média do ar, para o período estudado, foi de $30,5 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$ e do solo de $28,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Sob a copa das árvores, V/VE média é de 0,23 (SANTOS et al., 2006) e a temperatura média do ar, para o período estudado, foi de $24,8 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$ e do solo de $24,4 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$. As temperaturas do ar foram obtidas com termômetros de máxima e mínima localizados junto a cada local dos experimentos e as temperaturas do solo foram obtidas com um termômetro enterrado no substrato onde as plantas cresciam, em ambos os ambientes.

Sementes de mesma procedência daquelas utilizadas nos testes de germinação, armazenadas por 24 horas em temperatura ambiente, foram semeadas, a 1 cm de profundidade, em sacos plásticos pretos (15 x 30 cm) contendo como substrato mistura de terra e húmus (1:1) e regadas diariamente, com exceção dos dias em que choveu. Em cada ambiente foram semeadas 160 sementes divididas em quatro réplicas de 40 cada. A emergência das plantas foi acompanhada diariamente por um período de 45 dias, encerrando-se nove (sol) e 10 dias (sombra) após a última emergência. Foram consideradas emergidas as plântulas que apontavam o ápice do caule para fora do substrato, uma vez que a espécie apresenta germinação hipógena.

A porcentagem, a velocidade média ($\bar{v}$), a freqüência relativa (f_i) e o índice de sincronização de germinação (U) foram calculados de acordo com LABOURIAU (1983) para cada temperatura, na luz e no escuro. Para os dados de emergência, foram calculadas a porcentagem e a velocidade média em cada ambiente. Deste modo, $\bar{v} = 1/\bar{t}$, onde $\bar{t}$: tempo médio de germinação; $\bar{t} = \sum_{i=1}^k n_i t_i / \sum_{i=1}^k n_i$, onde n_i : número de sementes que germinaram no tempo t_i , t_i : tempo entre o início do experimento e a i -ésima observação (dia), k : último tempo de germinação das sementes; $f_i = n_i / \sum_{i=1}^k n_i$, onde n_i : número de sementes que germinaram no tempo t_i , k : último tempo de germinação das sementes; $U = -\sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i$, onde f_i : freqüência relativa de germinação, k : último dia de observação.

Os dados de porcentagem de germinação, por não apresentarem normalidade, foram analisados pelo teste não paramétrico de Kruskal–Wallis, sendo a diferença entre os grupos analisada pelo teste de Nemenyi (5%). Os dados da velocidade de germinação e os índices de sincronização foram analisados pela variância fatorial (ANOVA - two way), seguida do teste Tukey (5%), para comparação das médias (ZAR, 1999).

A porcentagem, a velocidade da emergência das plântulas e o índice de sincronização, em cada ambiente, foram analisados pelo Teste t para a comparação entre as médias (ZAR, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *Clausena excavata* Burm. f. germinaram tanto na presença como na ausência de luz, nas temperaturas de 20 a 35°C, sem diferença significativa quanto à porcentagem de sementes germinadas nas diferentes temperaturas. Em todos os tratamentos a porcentagem de germinação das sementes foi alta, acima de 98%, em média (Figura 1). Devido à ausência de germinação abaixo dos 20°C e acima dos 35°C, as temperaturas cardeais foram determinadas entre os 15 e 20°C a mínima e entre os 35 e 40°C a máxima. Para o processo germinativo das sementes de *C. excavata* ocorrer é necessário uma temperatura mínima pouco acima daquela requerida pela maioria das espécies tropicais, que segundo BORGHETTI (2005) estaria entre 10 e 15°C.

Esta característica germinativa de indiferença à luz faz com que as sementes de *C. excavata* sejam classificadas como fotoblásticas neutras. A possibilidade de germinação em condições com pouca ou mesmo ausência de luz permite a uma espécie ocupar micro ambientes nas matas ou no próprio solo que se encontram recobertos por pedras ou com acúmulo de folhas (MERCIER & GUERREIRO FILHO, 1990).

Sementes mantidas a 20°C, em ambas as condições de luz, germinaram, em média, mais lentamente em relação às demais temperaturas ($P=0,000$). A velocidade de germinação foi fortemente afetada pela luz de 25 a 35°C ($P=0,000$), onde as sementes germinaram mais rapidamente, como se observa na Figura 2. Desta maneira, pode-se dizer que a temperatura ótima para germinação das sementes desta espécie encontra-se, nas duas condições testadas, na faixa de 25 a 35°C, onde se observam, juntamente, maior germinabilidade e menor tempo médio de germinação (Figura 3).

Em condições de umidade adequada, o processo germinativo de sementes recalcitrantes ocorre de maneira rápida (BERJAK et al., 1984; BASKIN & BASKIN, 1998). Na natureza, estas sementes devem germinar rapidamente até mesmo dentro dos frutos ou logo após a deiscência, não persistindo no banco de sementes (FARNWSRTH, 2000). Isso acontece porque tais sementes são consideradas intolerantes à dessecação, perdendo a viabilidade quando desidratadas a teores de água inferiores a um nível crítico específico (BEWLEY & BLACK, 1994).

Quanto à sincronização do processo de germinação de *C. excavata*, observou-se que, independente da temperatura ($P=0,908$), na presença de luz as sementes germinam de modo mais sincronizado do que aquelas mantidas no escuro ($P=0,003$).

A insensibilidade à luz para germinação também foi observada em sementes de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit., que germinaram tanto na presença como na ausência de luz, condição em que 76% das sementes germinaram (SOUZA FILHO, 2000). *L. leucocephala* também é uma espécie exótica e relatada como invasora em muitas partes do mundo (RICHARDSON, 1998; SHINE et al., 2003; ESPÍNDOLA et al., 2005). De acordo com RICHARDSON (1998), *L. leucocephala* está entre as espécies de árvores exóticas mais plantadas e dentre suas características estão o rápido crescimento, o uso múltiplo e a sua adaptação excepcional a diversas condições ambientais.

Uma outra espécie arbórea muito plantada e considerada invasora em algumas regiões do mundo é *Psidium guajava* L. (RICHARDSON, 1998; SHINE et al., 2003; SPACE & IMADA, 2004), a goiabeira. No Brasil, onde é nativa, a espécie também apresenta regeneração intensa em ambientes abertos (LORENZI, 1998). As sementes de *P. guajava* apresentam características de espécies colonizadoras de clareiras e áreas abertas. A germinação de suas sementes ocorre na presença de luz de 20 a 35°C, porém, no escuro, somente quando há alternância de temperatura (SUGAHARA & TAKAKI, 2004). Segundo os autores, as sementes da goiabeira seriam induzidas a germinar não somente pela luz, mas também pela alternância de temperatura em áreas abertas ou clareiras pequenas, quando as sementes estivessem cobertas por solo.

No campo, a emergência das plântulas de *Clausena excavata* se deu em ambos os ambientes testados, porém com maior porcentagem a pleno sol ($P<0,05$), onde todas as sementes deram origem a uma plântula, embora a emergência no ambiente sombreado também tenha ocorrido com grande sucesso (Tabela 1). Apesar da influência da luz sobre a porcentagem de emergência de *C. excavata*, o potencial de ocorrência da espécie é alto tanto em ambientes com luz direta quanto em ambientes sombreados, confirmando os dados obtidos sob condições controladas de laboratório.

A velocidade com que as plântulas emergiram se deu de maneira semelhante nos dois ambientes ($P=0,776$). A pleno sol, a primeira emergência ocorreu após 17

dias e atingiu seu máximo (100%) no 36º dia. No ambiente sombreado, a primeira emergência ocorreu após 18 dias e atingiu seu máximo (90,6% em média) no 35º dia. Como pode ser notada nos polígonos de frequência relativa (Figura 4), a emergência das plântulas ocorreu de maneira heterogênea em ambas as condições de luz, não diferindo quanto à sincronização (Tabela 1).

Ao final do período de observação, observou-se a sobrevivência integral (100%) das plântulas de *C. excavata* em ambas as condições de luz testadas. O mesmo sucesso de recrutamento não foi observado para *Tecoma stans* L. Juss. ex. Kunth em condições de sombreamento, onde apenas 1,5% das plântulas emergidas sobreviveu, enquanto que a pleno sol a sobrevivência foi de 96,9% (SOCOLOWSKI et al., 2008). Segundo os autores, embora as sementes de *T. stans* sejam indiferentes à luz para germinar, o recrutamento da espécie ocorre somente em áreas abertas, bordas de mata e clareiras. O comportamento de *T. stans* é aquele que, segundo FINE (2002), as espécies exóticas invasoras normalmente apresentam, sendo intolerantes ao sombreamento e, por isso, raramente ocupam ambientes com baixa disponibilidade de luz em florestas tropicais. No Brasil, *T. stans* é reconhecida como invasora (ZILLER, 2001) e em outras partes do mundo, como no Hawaii, a espécie apresenta sérios problemas de invasão em áreas com distúrbio (SPACE & IMADA, 2004).

DUGGIN & GENTLE (1998) estudaram os efeitos da intensidade do distúrbio na invasão de *Lantana camara* L. e observaram que tanto a germinação das sementes quanto a sobrevivência e o crescimento inicial das plântulas estavam significativa e positivamente correlacionados com a intensidade do distúrbio, ou seja, o aumento na disponibilidade de luz acarretou em uma maior taxa de germinação, maior sobrevivência e crescimento, aumentando o sucesso reprodutivo da espécie. O sombreamento, desta maneira, constitui-se uma barreira efetiva para a invasão de *L. camara* (DUGGIN & GENTLE, 1998), ao contrário do que foi observado para *C. excavata*.

MYERS et al. (2005) estudaram o comportamento de *Alliaria petiolata* (M. Bieb) Cavara and Grande, espécie invasora nos Estados Unidos da América, sob condições variadas de luz e observaram que a invasão da espécie se dá sob baixa e alta disponibilidade de luz, sendo esta plasticidade de resposta a diversos níveis deste recurso um fator que pode aumentar o sucesso de invasão da espécie.

Na emergência de *C. excavata*, os cotilédones mantiveram-se sob o substrato, caracterizando uma germinação hipógena. Neste caso, os cotilédones funcionam somente como órgãos de reserva, não sendo fotossintetizantes. Contrariamente, nas sementes em que a germinação é epígena, os cotilédones fazem fotossíntese, porém estão suscetíveis à ação dos herbívoros e patógenos por estarem expostos (BAZZAZ & PICKETT, 1980).

As sementes de *C. excavata* são capazes de germinar e recrutar novas plântulas sob diferentes condições de luz, possibilitando, assim, a ocorrência da espécie em diversos ambientes, e esta é uma característica que deve contribuir para seu sucesso de propagação. O fato de sua germinação ocorrer sob temperaturas não tão baixas, acima dos 15°C, pode estar relacionado com a época de maior dispersão de sementes pela espécie, que se encontra entre os meses de novembro e fevereiro (VIEIRA, 2004), período em que as temperaturas são mais elevadas. Dentre outras características, o conhecimento dos atributos ecofisiológicos é de extrema importância para o desenvolvimento de estratégias de controle de uma espécie invasora (MACK et al., 2000).

4 CONCLUSÕES

As sementes de *Clausena excavata* são fotoblásticas neutra. A temperatura ótima para a germinação destas sementes está na faixa de 25 a 35°C.

Em campo, a emergência das plântulas ocorre em altas porcentagens tanto a pleno sol (100%) quanto em ambiente sombreado, sob a copa das árvores (90,6%), e com mesma velocidade.

A espécie estudada tem grande potencial de invasão em áreas abertas, com disponibilidade alta de luz, e em ambientes sombreados, como o sub-bosque florestal.

5 REFERÊNCIAS

- AMARAL–BAROLI, A.; TAKAKI, M. Phytochrome controls achene germination in *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) by very low fluence response. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.4, p.121–124, 2001.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **American Journal of Botany**, v.75, p.286-305, 1988.
- BASKIN, C.C.; BASKIN J.M. **Seeds**: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BAZZAZ, F.A.; PICKETT, S.T.A. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, p.287-310, 1980.
- BERJAK, P.; DINI, M.; PAMMENTER, N.W. Possible mechanisms underlying responses in recalcitrant and ortodox seeds: desiccation associated subcellular changes in propagules of *Avicennia marina*. **Seed Science and Technology**, v.12, p. 365-384, 1984.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BORGHETTI, F. Temperaturas extremas e a germinação de sementes. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. (Ed.) **Estresses ambientais, danos e benefícios em plantas**. Recife: MXM Gráfica e editora, 2005. p.207-218.
- BORGHETTI, F.; FERREIRA, A.G. Interpretação de resultados de germinação. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Ed.) **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNPV, 1992. 365p.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CHIN, H.F. **Recalcitrant seeds**. Malaysia: University Pertanian Malaysia, 1989. 17p.
- CORDELL, S.; CABIN, R.J.; HADWAY, L.J. Physiological ecology of native and alien dry forest shrubs in Hawaii. **Biological Invasions**, v.4, p.387-396, 2002.

- CRONK, Q.C.B.; FULLER, J.L. **Plant invaders**. London: Chapman & Hall, 1995. 241p.
- DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V.R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.55-64, 2002.
- DUGGIN, J.A.; GENTLE, C.B. Experimental evidence on the importance of the disturbance intensity for invasion of *Lantana camara* L. in dry rainforest-open forest ecotones in north-eastern NSW, Australia. **Forest Ecology and Management**, v.109, p.279-292, 1998.
- ESPÍNDOLA, M.B.; BECHARA, F.C.; BAZZO, M.S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, v.18, p.27-38, 2005.
- EVERHAM III, E.M.; MYSTER, R.W.; VANDEGENNACHTE, E. Effects of light, moisture, and litter on the regeneration of five tree species in the tropical montane wet forest of Puerto Rico. **America Journal of Botany**, v.83, p.1063-1068, 1996.
- FARNSWORTH, E. The ecology and physiology of viviparous and recalcitrant seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.31, p.107-138, 2000.
- FINE, P.V.A. The invasibility of tropical forests by exotic plants. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.687-705, 2002.
- GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance. **Biological Invasions**, v.6, p.1-9, 2004.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes**. Washington D.C.: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1998. 352p.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368p.
- MACK, R.N.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.N.; EVANS, H.; CLOUT, M.; BAZZAZ, F.A. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, v.10, p.689-710, 2000.

- MERCIER, H.; GUERREIRO FILHO, O. Propagação sexuada de algumas bromélias nativas da Mata Atlântica: efeito da luz e da temperatura na germinação. **Hoehnea**, v.17, p.19-26, 1990.
- MYERS, C.V.; ANDERSON, R.C.; BYERS, D.L. Influence of shading on the growth and leaf photosynthesis of the invasive non-indigenous plant garlic mustard [*Alliaria petiolata* (M. Bieb) Cavara and Grande] grown under simulated late-winter to mid-spring conditions. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v.132, p.1-10, 2005.
- OLIVEIRA, A.M.M. de. Aplicação de geotecnologias e de modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão cachoeirinha, Iracemápolis, SP. 2004. 114f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- PARKER, I.M.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W.M.; GOODELL, K.; WONHAM, M.; KAREIVA, P.M.; WILLIAMSON, M.H.; VON HOLLE, B.; MOYLE, P.B.; BYERS, J.E.; GOLDWASSER, L. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions**, v.1, p.3-19, 1999.
- PETENON, D.; PIVELLO, V.R. Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial. **Natureza & Conservação**, v.6, p.65-77, 2008.
- PIVELLO, V.M. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de espécies exóticas sobre a biodiversidade. **Ecologia.Info** 33, 2007. Disponível em: <<http://www.ecologia.info/>>. Acesso em: 06 ago. 2007.
- REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D.M. What attributes make some plant species more invasive? **Ecology**, v.77, p.1655-1661, 1996.
- RICHARDSON, D.M. Forestry trees as invasive aliens. **Conservation Biology**, v.12, p.18-26, 1998.
- SAKAI, A.K., ALLENDORF, F.W., HOLT, J.S. et al. The population biology of invasive species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.32, p.305-332, 2001.
- SANTOS, D.L.; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.; RIBASKI, J. Morphological and physiological responses of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) seedlings to light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, p.171-182, 2006.
- SEASTEDT, T. Resourceful invaders. **Nature**, v.446, p.985-986, 2007.

- SHINE, C., REASER, J.K.; GUTIERREZ, A.T. **Invasive alien species in the Austral Pacific region: national reports & directory of resources**. Cape Town, South Africa: Global Invasive Species Programme, 2003. Disponível em: <<http://www.gisp.org>> Acesso em: 23 ago. 2007.
- SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D.C.M.; TAKAKI, M. Interaction of temperature and light on seed germination in *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.723-730, 2008.
- SOUZA FILHO, A.P.S. Influência da temperatura, luz e estresses osmótico e salino na germinação de sementes de *Leucaena leucocephala*. **Pasturas Tropicales**, v.22, p.47-53, 2000.
- SPACE, J.C.; IMADA, C.T. **Report to the Republic of Kiribati on invasive plant species on the islands of Tarawa, Abemama, Butaritari and Maiana**. Honolulu: U.S.D.A. Forest Service/Bishop Museum, 2004. Disponível em: <<http://www.bishopmuseum.org/research/pbs/pdf/kiribati.pdf>> Acesso em: 22 ago. 2007.
- SUGAHARA, V.Y.; TAKAKI, M. Effect of light and temperature on seed germination in guava (*Psidium guajava* L. – Myrtaceae). **Seed Science and Technology**, v.32, p.759-764, 2004.
- VIEIRA, D.C.M. Chuva de sementes, banco de sementes e regeneração natural sob três espécies de início de sucessão em uma área restaurada em Iracemápolis (SP). Piracicaba, 2004. 87f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.541-554, 2006.
- WASHITANI, I. Plant conservation ecology management and restoration of riparian habitats of lowlands Japan. **Population Ecology**, v.43, p.189-195, 2001.
- WU, T-S., HUANG, S-C.; WU, P-L. Lactonic carbazole alkaloids from the root bark of *Clausena excavata*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v.46, p.1459-1461, 1998.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 929p.
- ZILLER, S.R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, v.30, p.77-79, 2001.

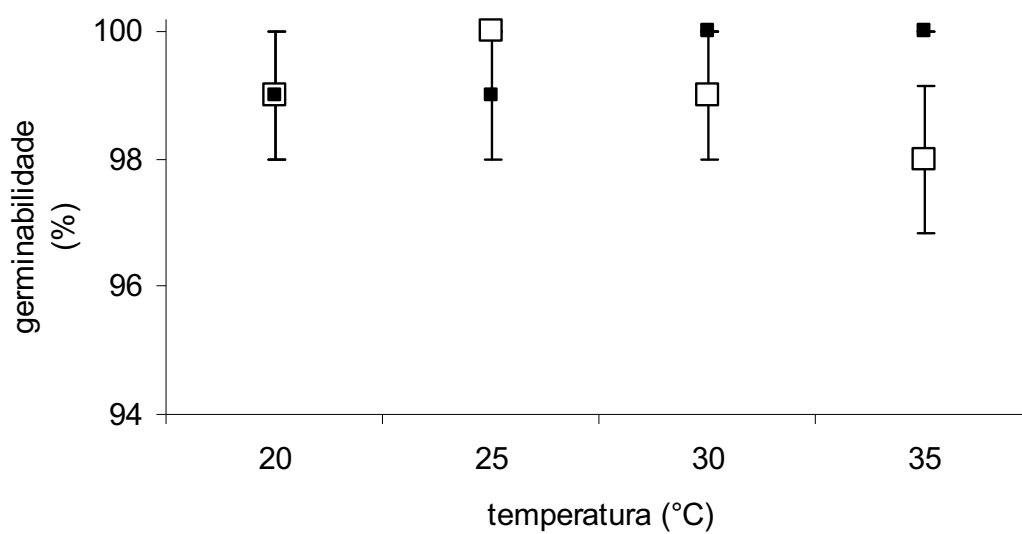


Figura 1 - Porcentagem média de germinação de sementes de *Clausena excavata* Burm. f. na presença de luz (□) e na ausência de luz (■) constantes. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

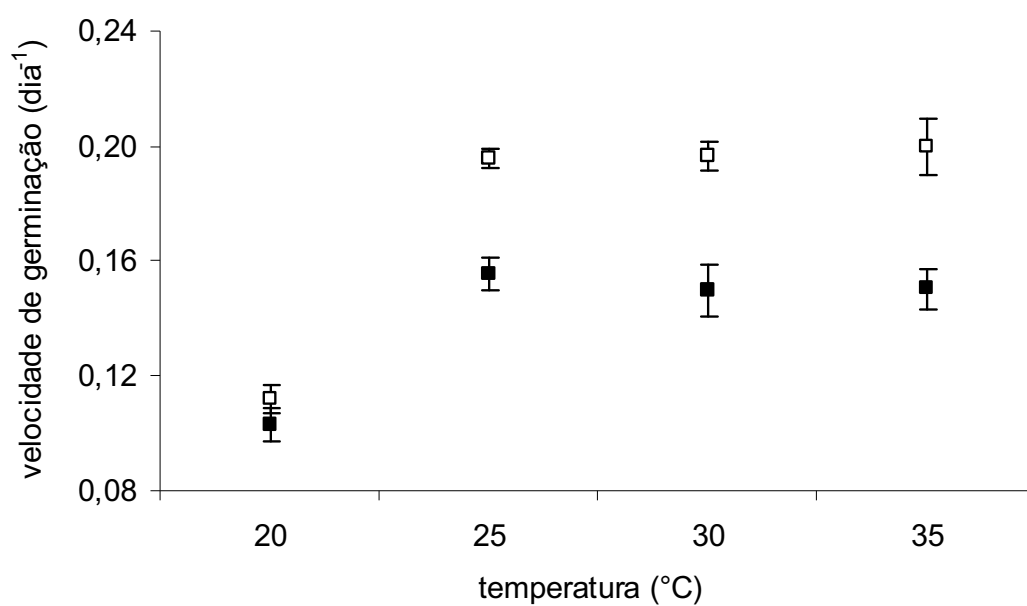


Figura 2 - Velocidade média de germinação de sementes de *Clausena excavata* Burm. f. na presença de luz ($\square$) e na ausência de luz ($\blacksquare$) constantes. As barras verticais indicam o erro padrão da média.

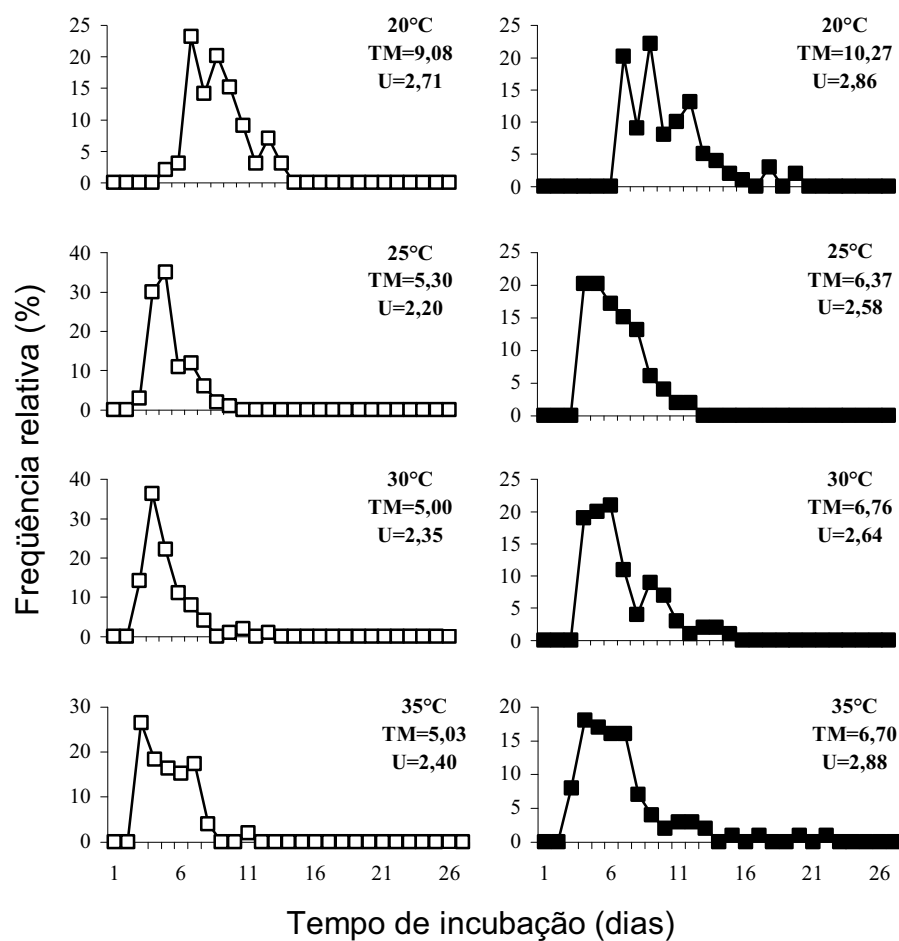


Figura 3 - Polígonos da frequência relativa da germinação de sementes de *Clausena excavata* Burm. f. nas diferentes temperaturas na presença de luz (□) e na ausência de luz (■) constantes. TM = tempo médio de germinação (dias). U = índice de sincronização de germinação (bits).

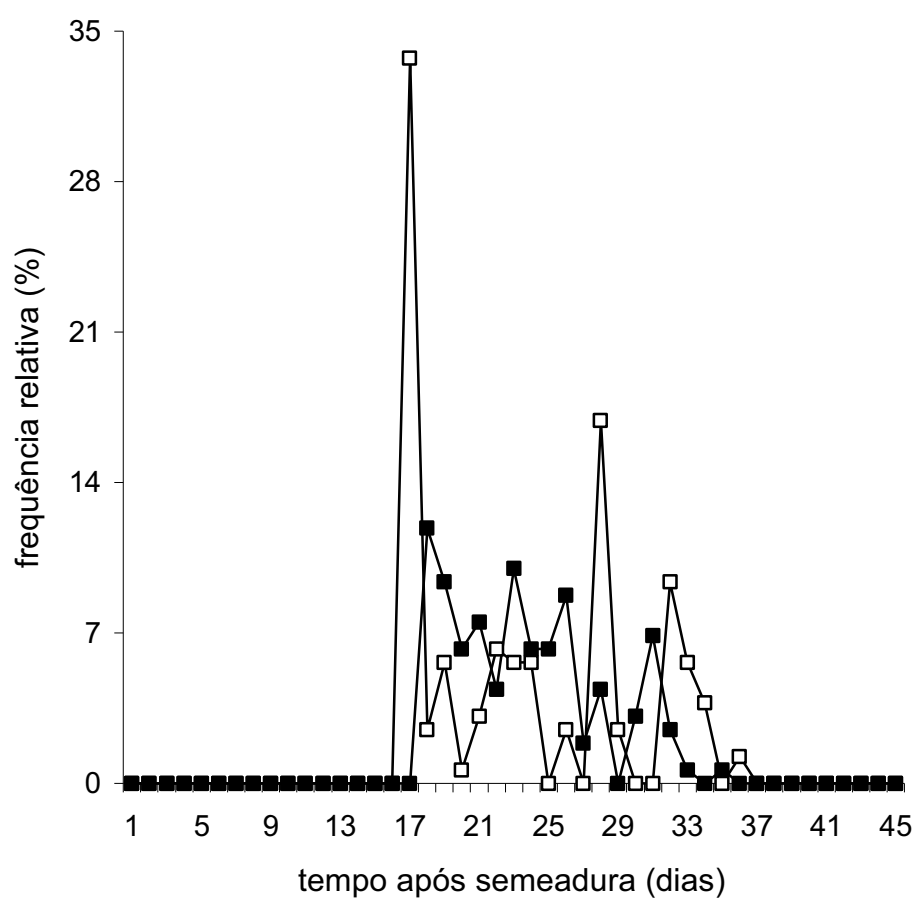


Figura 4 - Frequência relativa da emergência das plântulas de *Clausena excavata* Burm. f. nos ambientes a pleno sol (□) e de sombra (■), no Jardim Experimental (UNESP/Rio Claro).

Tabela 1 - Comportamento da emergência das plântulas de *Clausena excavata* Burm. f. nos dois ambientes testados.

Ambiente	Início da emergência (dias)	Fim da emergência (dias)	Emergência (%) (média ± EP)	Velocidade (dia ⁻¹) (média ± EP)	Índice de sincronização U (bits)
Sol	17	36	100,0±0,0 a	0,0429±0,001 a	3,10 a
Sombra	18	35	90,6±1,2 b	0,0424±0,001 a	3,30 a

Médias seguidas de mesma letra, dentro de cada parâmetro avaliado, não diferem estatisticamente pelo Teste t. EP = erro padrão da média.

CAPÍTULO 2. DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA - *Clausena excavata* BURM. F. (RUTACEAE) - EM DIFERENTES AMBIENTES DE LUZ

RESUMO – Um fator importante para o sucesso das espécies vegetais invasoras é a sua plasticidade fenotípica, que lhes concede uma grande capacidade de aclimação em diversas condições ambientais e tolerância ao estresse. O conhecimento dos fatores ambientais e das características da planta que contribuem para o sucesso das espécies invasoras é de grande importância para prever a habilidade de invasão e para esforços de manejo. O objetivo deste estudo foi avaliar, em condições naturais, o efeito da luz no desenvolvimento das plântulas de uma espécie exótica da flora brasileira, *Clausena excavata* Burm. f. O desenvolvimento das plantas foi acompanhado mensalmente, por um ano, sob duas condições de luz, a pleno sol e sob a copa das árvores, no Jardim Experimental da UNESP/Rio Claro (SP). As plântulas de *C. excavata* desenvolveram-se em ambos ambientes testados, porém houve influência da luz em seu desenvolvimento. Plantas a pleno sol apresentaram maior investimento em raiz, folhas mais espessas e maior taxa de crescimento relativo em relação às plantas sombreadas. A espécie apresentou alta plasticidade fenotípica e adaptação à disponibilidade de luz, indicando que o sombreamento não seja um fator que impeça o seu desenvolvimento. Tais características podem ser bastante vantajosas no contexto da invasão biológica, de competição e ocupação de ambientes.

Palavras-chave: *Clausena*, crescimento vegetal, espécie invasora, plasticidade fenotípica, tolerância à sombra

ABSTRACT - An important factor to the success of invasive species is their phenotypic plasticity, which gives them a great ability to adjust in several environmental conditions and stress tolerance. The knowledge of environmental factors and plant characteristics that contribute to the success of invasive species is very important to predict the invasion capacity and to manage efforts. The objective of this study was to evaluate, at natural conditions, the effect of light on *Clausena excavata* Burm. f. seedling growth, a non-native tree species. The seedling growth was observed for 12 months under two light conditions, at full sun and shade (under canopy) on Experimental Garden of UNESP/Rio Claro (SP). The *C. excavata* seedlings developed under both tested environments, but the light affected your development. Sun plants displayed higher investment in root, thicker leaves and higher relative growth rate than the shade plants. The species showed high phenotypic plasticity and light adaptation, displaying that the shading isn't an impediment for its growth. A certain characteristics can be very advantageous on biological invasion context, by competition and overcome habitats.

Key words: *Clausena*, plant growth, invasive species, phenotypic plasticity, shade tolerance

1 INTRODUÇÃO

Devido ao alto índice de área foliar observado em florestas tropicais, a luz torna-se fator determinante na vida das plantas no interior florestal (LÜTTGE, 1997). Ao atravessar o dossel florestal, a radiação solar sofre mudanças devido à absorção seletiva do espectro da radiação solar pelas folhas (FEDERER & TANNER, 1966), resultando em uma baixa razão vermelho/vermelho extremo (V/VE) na luz filtrada (FENNER, 1995), o que torna o sub-bosque um ambiente com grande variação na disponibilidade de luz (BIANCHINI et al., 2001). De acordo com PEZZOPANE et al. (2002), em consequência desta disponibilidade variável da radiação solar, ocorrem variações na temperatura e na umidade do ar e na temperatura do solo.

A temperatura, a luz e a umidade do solo são os fatores ambientais mais importantes que regulam a germinação das sementes e o estabelecimento das plântulas (BASKIN & BASKIN, 1988). Muitos parâmetros de crescimento, como altura das plantas e biomassa, podem ser alterados por mudanças na qualidade da luz (SMITH, 2000). Segundo SCALON & ALVARENGA (1993), o desenvolvimento vegetativo da parte aérea e a sobrevivência são os parâmetros mais influenciados por este recurso. A luz atua diretamente no desenvolvimento das plantas, porém cada espécie responde de maneira diferenciada a este fator (FIGLIOLIA, 2005).

A invasão vegetal é freqüentemente facilitada pela ocorrência de distúrbio no ambiente. Áreas perturbadas e pequenos fragmentos florestais são mais suscetíveis às invasões biológicas, uma vez que muitas das invasões acontecem por espécies heliófitas, que se estabelecem em ambientes bastante iluminados (DISLICH et al., 2002), porém muitas espécies exóticas, arbóreas e arbustivas, têm apresentado sucesso ao invadir áreas florestais intactas (WOODS, 1993). Segundo SANFORD et al. (2003), é possível que uma planta invasora prevaleça na paisagem não por ser melhor competidora em clareiras ou por apresentar maior sobrevivência em sub-bosques, mas sim devido a sua capacidade de crescer em uma variedade de condições ambientais.

Um fator importante para o sucesso das espécies vegetais invasoras é a sua plasticidade fenotípica (WILLIAMS et al., 1995), que seria a habilidade de um genótipo expressar diferentes fenótipos em diferentes ambientes (ZOU et al., 2008). Deste modo, a plasticidade fenotípica concede às espécies invasoras uma grande capacidade de aclimação em diversas condições ambientais e tolerância ao

estresse (ALPERT et al., 2000; SAKAI et al., 2001), exibindo, por exemplo, alta plasticidade em resposta à luz (BARUCH et al., 2000).

No ambiente florestal, a sobrevivência e o crescimento das plantas dependem de respostas morfológicas e fisiológicas às mudanças na disponibilidade de luz. Para sobreviver no sub-bosque, essa habilidade de se ajustar ao sombreamento é crucial (LEICHT & SILANDER, 2006). Segundo VALLADARES et al. (2000), espécies exigentes de luz apresentam maior flexibilidade em resposta às mudanças ambientais comparadas àquelas que vivem sob condição de sombra extrema.

O conhecimento dos fatores ambientais e das características da planta que contribuem para o sucesso das espécies invasoras é de grande importância para esforços de manejo que têm como propósito prevenir ou controlar sua disseminação (PATTISON et al., 1998; FENG et al., 2007). Características relacionadas à dispersão de sementes, à capacidade de estabelecimento de plântulas e à susceptibilidade a herbívoros são algumas das quais pode-se prever a habilidade de invasão (PATTISON et al., 1998).

Neste contexto, este estudo teve como objetivo avaliar, em condições naturais, o efeito da luz no desenvolvimento de plântulas de *Clausena excavata* Burm. f. (Rutaceae), uma espécie exótica invasora.

Clausena excavata (vampi, clausena curry) é uma espécie arbórea semidecídua, nativa da Índia, Sudeste Asiático e Filipinas (LORENZI et al., 2003). É reconhecida na Austrália como planta daninha, comum na vegetação da Ilha Christmas (GREEN et al., 2004), onde se estabeleceu tanto no interior da floresta como nas áreas marginais e outras áreas com distúrbios (SWARBRICK & HART, 2000), e como espécie invasora no Hawaii (SPACE & IMADA, 2004), sendo a espécie predominante da regeneração em uma área reflorestada no Sudeste do Brasil (VIEIRA & GANDOLFI, 2006). A germinação de suas sementes ocorre independente de luz, fazendo delas fotoblásticas neutras, e suas plântulas apresentam comportamento semelhante, emergindo em altas proporções a pleno sol e sob a copa das árvores (Capítulo 1). Assim, espera-se que o desenvolvimento das plântulas de *C. excavata* ocorra independente da condição de sombreamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Sementes de *Clausena excavata* Burm. f. foram colhidas de frutos maduros de 20 indivíduos de uma população localizada em uma floresta em restauração, no município de Iracemápolis, SP, Brasil (22°35'S 47°31'W), em janeiro de 2006. No Laboratório de Fotomorfogênese de Plantas (UNESP/Rio Claro), os frutos foram despulpados em água corrente e as sementes separadas manualmente e armazenadas por 24 horas em temperatura ambiente.

O experimento foi conduzido no Jardim Experimental (UNESP/Rio Claro), em dois ambientes com disponibilidade de luz distintas, a pleno sol e sob a copa das árvores, no período de fevereiro de 2006 a fevereiro de 2007. De acordo com SANTOS et al. (2006), no ambiente a pleno sol, a razão V/VE média é de 1,22 e sob a copa das árvores, de 0,23.

As sementes foram semeadas, a 1 cm de profundidade, em sacos plásticos pretos (15 x 30 cm) contendo como substrato mistura de terra e húmus (1:1). Em cada ambiente foram semeadas 160 sementes (Capítulo 1). Até o 45º dia após a semeadura, o experimento foi irrigado diariamente com exceção dos dias em que choveu, após este período, as plântulas foram regadas a cada 2 dias. Tomou-se o cuidado de eliminar, manualmente, as outras plantas que eventualmente emergiam no substrato junto às plântulas de *C. excavata*.

As avaliações do desenvolvimento tiveram início após 30 dias da semeadura. A cada mês, dez plântulas de cada ambiente foram amostradas aleatoriamente e feitas as medições. Individualmente, foram medidas a área foliar, a altura (parte aérea) e a biomassa seca dos cotilédones, folhas, caule e raiz. A área foliar foi determinada com o programa PCXAREA, a partir de imagens digitalizadas das folhas frescas. Para obter a massa seca, as partes das plantas foram secas em estufa a 70°C por 48 horas e depois pesadas em balança de precisão (0,1 mg).

Foram determinados também a partição da biomassa, pela proporção de massa seca de cada uma das partes em relação à massa seca total da planta, a razão entre a biomassa seca radicular e aérea (R/PA), a área foliar específica (AFE), calculada por $AFE = A_F / MS_F$, onde A_F : área foliar, MS_F : massa seca da folha (HUNT, 1982) e o índice de plasticidade fenotípica (IPF), para as variáveis altura, área foliar, área foliar específica, biomassa e razão R/PA, entre as plantas desenvolvidas na luz e na sombra, em dois momentos (aos 6 e 12 meses de idade), como $IPF = (\text{valor}$

máximo observado – valor mínimo observado)/valor máximo observado, variando de zero a um (VALLADARES et al., 2000).

A taxa de crescimento relativo (TCR) das plantas foi calculada para os dois ambientes, ao final de um ano de desenvolvimento, como $TCR = (\ln M_2 - \ln M_1) / (t_2 - t_1)$, onde M_1 : massa seca total no tempo inicial (t_1) e M_2 : massa seca total no tempo final (t_2) (HUNT, 1982).

A altura, área foliar, área foliar específica e razão R/PA das plantas foram analisados pelo Teste t para a comparação entre as médias obtidas nos dois ambientes estudados (ZAR, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plântulas de *Clausena excavata* Burm. f. desenvolveram-se em ambos os ambientes testados, a pleno sol e sob a copa das árvores, porém diferentemente em cada ambiente.

Até o terceiro mês após a semeadura, as plântulas desenvolvidas sob a copa das árvores apresentaram-se mais altas e somente a partir do sétimo mês essa diferença foi invertida, tornando-se aquelas desenvolvidas a pleno sol muito mais altas (Tabela 1). Logo neste período inicial, observou-se que as plantas de cada ambiente alocavam seus recursos para partes diferentes, e essa diferença em altura ocorreu justamente porque enquanto as plantas da sombra investiam em crescimento de parte aérea, as plantas a pleno sol investiam na formação de raiz.

A primeira resposta morfológica de uma planta à baixa razão vermelho/vermelho extremo (V/VE), característica de ambientes sombreados, é o alongamento do caule (BALLARÉ & CASAL, 2000). O fato de uma planta receber muito mais radiação na região do VE do que na região do V, causa uma mudança importante no fotoequilíbrio do fitocromo (ou seja, mais fitocromo é convertido para forma inativa – F_v) e resulta em um aumento rápido da velocidade de alongamento caulinar. Essa capacidade de uma planta perceber a qualidade da luz e ajustar seu crescimento a essa condição tem significado adaptativo evidente (RAVEN et al., 2007).

A tolerância ao sombreamento é característica importante para espécies invasoras (NIINEMETS et al., 2003). No ambiente florestal, a competição por luz é quase sempre mencionada como mecanismo primário para a invasão, que resulta no sombreamento das espécies nativas por espécies invasoras (D'ANTONIO et al., 2001).

GILBERT et al. (2001) observaram que independente da classe sucessional, as plantas reagem ao sombreamento promovido pela vegetação ao entorno. Quanto maior a densidade de plantas, menor era o fotoequilíbrio do fitocromo (F_{ve}/F_{total}) e maior era a taxa de crescimento em altura. Apesar de ambas as espécies estudadas reagirem, *Betula pendula* (espécie de início de sucessão) teve uma capacidade muito maior de responder aos sinais da radiação do que *Acer pseudoplatanus* (espécie de final de sucessão).

A diferença no desenvolvimento de *C. excavata* nos ambientes testados também pôde ser observada no acúmulo e partição de biomassa.

Somente nos segundo e terceiro meses de idade é que as plântulas dos dois ambientes não diferiram em massa. Em todos os outros meses, as plantas do sol apresentaram, significativamente, mais massa do que as da sombra e ao final do período de observação o acúmulo de biomassa daquelas desenvolvidas a pleno sol era 70 vezes maior (Tabela 2).

Com isso, a taxa de crescimento relativo (TCR) das plantas também diferiu entre os ambientes. O acúmulo de biomassa de *C. excavata* quando desenvolvida a pleno sol foi de $0,018 \text{ mg.mg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, enquanto que sob a copa das árvores esta taxa foi bem menor ($0,006 \text{ mg.mg}^{-1}.\text{dia}^{-1}$).

A TCR é um indicador conveniente da extensão com que uma espécie está utilizando suas reservas para crescer (GROENEVELD, 1998). Como o crescimento vegetal é determinante para a sobrevivência e reprodução na natureza, o conhecimento da TCR tem uma importância fundamental na ecologia vegetal (MONTGOMERY, 2004).

PATTISON et al. (1998) observaram que as espécies invasoras foram bastante afetadas pela disponibilidade de luz, mas ainda assim, suas TCRs foram superiores às das espécies nativas estudadas.

Para espécies invasoras de Melastomataceae, BARUCH et al. (2000) também observaram efeito significativo da disponibilidade de luz no crescimento delas. Segundo os autores, *Clidemia hirta* L. D. Don., considerada uma das mais agressivas, foi a espécie menos afetada pelo sombreamento.

Nas plantas a pleno sol, o crescimento de raiz foi constante, o que aumentou, a cada mês, a representatividade da parte subterrânea nestas plantas (Figura 1A). Já no ambiente sombreado, as plantas de *C. excavata* tiveram aumento constante da parte aérea, direcionando seus recursos principalmente para a formação de folhas (Figura 1B), o que evidencia a busca de energia luminosa para seu desenvolvimento neste tipo de ambiente.

Durante todo o período estudado, a razão raiz/parte aérea (R/PA) foi significativamente maior para as plantas de *C. excavata* desenvolvidas sob condição mais iluminada do que para aquelas sombreadas (Tabela 1). Com 12 meses de idade, essa diferença de investimento em órgãos subterrâneos e aéreos entre as plantas chegou a ser de um fator de três.

Plântulas de quatro espécies invasoras de Melastomataceae, aos 2,5 meses de idade, apresentaram em média R/PA de 0,38 a pleno sol e 0,22 quando desenvolvidas em ambiente com pouca luz (BARUCH et al., 2000), valores praticamente iguais aos de *C. excavata* com mesma idade.

Para plântulas de quatro espécies de *Prosopis* L. (Mimosaceae), a redução da radiação diminuiu significativamente a R/PA (VILELA & RAVETTA, 2000). Essa mesma relação foi observada por ALVARENGA et al. (2003) em plântulas de *Croton urucurana* Baill., espécie pioneira nativa do Brasil.

A distribuição de biomassa entre raiz e parte aérea indica se as plantas investem mais seu carbono em raiz, para absorção de nutrientes, ou em folhas, para a fotossíntese (SANTOS, 2003). Assim como as plantas de *C. excavata*, esta autora observou que plantas de cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vellozo) desenvolvidas sob dossel apresentavam baixa razão R/PA em comparação àquelas desenvolvidas a pleno sol. Plantas e espécies tolerantes à sombra alocam maior parte dos recursos para a produção de folhas e por isso apresentam baixos valores de R/PA (AGYEMAN et al., 1999), o que seria considerado uma resposta fenotípica de adaptação ao sombreamento, contribuindo para a manutenção de um balanço positivo de carbono, por meio do aumento da taxa fotossintética (KITAJIMA, 1994). Além de fotossintetizantes, as folhas são excelentes órgãos sombreadores, que aliados ao crescimento em altura, deixam as plantas em uma posição vantajosa em relação aos competidores por luz (CALDWELL, 1987).

Segundo BJÖRKMAN (1981), plantas em ambientes com pouca luz devem reinvestir a maior parte do recurso obtido na fotossíntese em tecidos fotossintéticos, ou seja, a alocação para tecidos não fotossintéticos deve ser mantida tão baixa quanto possível. Este tipo de investimento foi observado nas plantas de sombra de *C. excavata* ao longo de todo o período estudado, mostrando a adaptação e persistência da espécie neste ambiente.

Plantas com sistema radicular mais desenvolvido apresentam maior tolerância ao estresse hídrico que podem sofrer na estação seca. A vulnerabilidade das plantas a ambientes mais secos (p.ex. com mais luz) pode depender de vários aspectos, como a quantidade relativa de raiz, desenvolvimento de raízes finas, anatomia do xilema e controle de perda d'água (KITAJIMA, 1996).

Com relação aos cotilédones, estes representaram a maior parte da biomassa das plântulas até o 3º mês a pleno sol e até o 5º mês na sombra, mantendo-se

sempre com maior representatividade neste ambiente em comparação ao de sol. No ambiente de sol, a partir do 3º mês as plântulas começaram a perder seus cotilédones e aos sete meses de idade nenhum dos indivíduos amostrados o tinha (Figura 1). Somente no primeiro mês após a semeadura os cotilédones apresentaram coloração esverdeada, nos demais, tornaram-se amarelados.

Durante e após a germinação das sementes, os cotilédones transferem materiais de reserva (lipídeos, carboidratos, nutrientes minerais) para dentro do caule e raiz em desenvolvimento (ERNST, 1988). Em algumas espécies, os cotilédones têm como função única estocar e transferir o conteúdo de reserva da semente, mas em outras, os cotilédones desenvolvem também a função fotossintética (KITAJIMA, 1992). Em *C. excavata*, os cotilédones são apenas órgãos de reserva. Segundo KITAJIMA (1996), este tipo de cotilédone permanece parcialmente ou completamente no tegumento das sementes, posicionando-se abaixo ou ao nível do solo (germinação hipógena) e tem forma globóide.

Em uma próxima fase, autotrófica, quando as plantas já usaram toda reserva das sementes, a manutenção de um ganho líquido positivo de carbono será pré-requisito para a sobrevivência (KITAJIMA, 1996).

C. excavata apresentou diferenças quanto ao tipo de folha dos ambientes logo no terceiro mês, quando a área foliar específica (AFE) das plantas sombreadas tornou-se significativamente maior (folhas mais finas ou menos densas) do que aquelas sob maior disponibilidade de luz. Porém, somente após seis meses da semeadura é que a área folia (AF) foi muito maior nas plantas de sol do que de sombra (Tabela 1), ressaltando novamente o maior investimento da espécie em raiz quando desenvolvida a pleno sol.

Adaptações foliares são muito mais pronunciadas em espécies generalistas, que podem crescer em diversas condições de umidade e luz existentes em uma floresta, do que em especialistas. Espécies consideradas heliófitas também apresentam maior plasticidade morfológica do que aquelas tolerantes à sombra (BAZZAZ, 1979).

Folhas de sol e folhas de sombra se diferem por apresentarem diferentes estratégias frente ao recurso disponível. Folhas de sombra necessitam capturar a luz com maior eficiência possível (BJÖRKMAN, 1981; GOMES-LARAJÓ, et al., 2008), já as folhas de sol, devem se proteger da alta densidade de fótons, a qual pode danificar sua estrutura fotossintética (GOMES-LARAJÓ et al., 2008).

A anatomia foliar é altamente especializada para a absorção de luz (TERASHIMA & HIKOSAKA, 1995). E por isso, folhas de sol e de sombra têm características contrastantes. Folhas de sol são geralmente mais espessas do que as de sombra, devido principalmente ao maior desenvolvimento do parênquima paliçádico (células fotossintéticas) em ambientes com alta intensidade luminosa (TAIZ & ZEIGER, 2004). O sistema vascular das folhas de sol também é mais desenvolvido e as paredes das células epidérmicas são mais espessadas do que aquelas das folhas de sombra (BJÖRKMAN, 1981; RAVEN et al., 2007).

A eficiência fotossintética e a taxa de crescimento relativo dependem da área foliar específica (AFE), uma medida de como a massa do maquinário fotossintético está disposta no plano horizontal. Quando as plantas crescem e acumulam mais folhas, o auto sombreamento pode se tornar um fator prejudicial à eficiência fotossintética (KITAJIMA, 1996).

Geralmente, o aumento da área foliar com o sombreamento é uma das medidas usadas para aumentar a superfície fotossintetizante, na tentativa de uma produção mais eficiente em baixas intensidades de luz e, conseqüentemente, compensando a taxa fotossintética baixa, característica das folhas de sombra (JONES & McLEOD, 1990). Além disso, este tipo de folha, por ser mais fina (AFE alta), apresenta um custo de construção e de manutenção bem menores para as plantas em comparação às folhas desenvolvidas em ambientes com irradiância alta (FENG et al., 2004) e, ao mesmo tempo, minimiza o sombreamento entre as folhas (BJÖRKMAN, 1981).

Como observado, o desenvolvimento das plantas de *C. excavata* nos ambientes de sol e sombra foi bastante distinto e a constatação disso pode ser reforçada pelos valores altos de plasticidade apresentados pela espécie, os quais foram intensificados com o tempo (Tabela 3).

C. excavata tem um potencial de invasão e provavelmente de competição muito maior em ambientes com boa disponibilidade de luz do que em ambientes sombreados. Porém, a alta plasticidade revelada pela espécie e sua adaptação à disponibilidade de luz sugerem que o sombreamento não seja um fator que impeça o seu desenvolvimento. A plasticidade de resposta a diversos níveis de luz é um fator que pode aumentar o sucesso de invasão de uma espécie (MYERS et al., 2005).

Por não ser intolerante ao sombreamento (FINE, 2002), *C. excavata* comportou-se contrariamente à maioria das espécies exóticas invasoras, como

Bidens pilosa L. (PATTISON et al., 1998), *Lantana camara* L. (DUGGIN & GENTLE 1998) e *Tecoma stans* L. Juss. ex. Kunth. (SOCOLOWSKI et al., 2008).

A plasticidade fenotípica foi bastante acentuada também para *Eleagnus umbellata* Thunb. e *Rhamnus frangula* L., duas espécies exóticas invasoras comuns de áreas mais abertas (SANFORD et al., 2003). Os autores observaram uma diferença muito grande na altura, biomassa e área foliar destas espécies quando desenvolvidas em área aberta e no sub-bosque de um reflorestamento misto com 14 anos de plantio.

A alta susceptibilidade à fotoinibição das espécies obrigatoriamente de sombra constitui uma enorme desvantagem seletiva (BJÖRKMAN, 1981). A plasticidade fenotípica representa um privilégio para uma espécie. Responder positivamente ao aumento de luz, p.ex. com a abertura de uma clareira no interior florestal, é bastante vantajoso para uma planta no contexto da competição e ocupação de ambientes.

4 CONCLUSÕES

As plântulas de *Clausena excavata* Burm. f. desenvolvem-se em ambos ambientes testados, a pleno sol e sob a copa das árvores.

A luz tem efeito sobre o desenvolvimento da espécie, porém *C. excavata* não é intolerante ao tipo de sombreamento testado.

A espécie apresenta alta plasticidade fenotípica.

5 REFERÊNCIAS

- AGYEMAN, V.K.; SWAINE, M.D.; THOMPSON, J. Responses of tropical forest tree seedlings to irradiance and the derivation of a light response index. **Journal of Ecology**, v.87, p.815-827, 1999.
- ALPERT, P.; BONE, E.; HOLZAPFEL, C. Invasiveness, invisibility and the role of environmental stress in the spread of non-native plants. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v.3, p.52-66, 2000.
- ALVARENGA, A.A. et al. Effects of different Light levels on the initial growth and photosynthesis of *Croton urucurana* Baill. in southeastern Brazil. **Revista Árvore**, v.27, p.53-57, 2003.
- BALLARÉ, C.L.; CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, v.67, p.149-160, 2000.
- BARUCH, Z.; PATTISON, R.R.; GOLDSTEIN, G. Responses to light and water availability of four invasive Melastomataceae in the Hawaiian Islands. **International Journal of Plant Sciences**, v.161, p.107-118, 2000.
- BASKIN, C.C.; BASKIN, J.M. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperate region. **American Journal of Botany**, v.75, p.286-305, 1988.
- BAZZAZ, F.A. The physiological ecology of plant succession. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.10, p.351-371, 1979.
- BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; SANTOS, F.A.M. Spatial and temporal variation in the canopy cover in a tropical semi-deciduous Forest. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.44, p.269-276, 2001.
- BJÖRKMAN, O. Responses to different quantum flux densities. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B.; ZIEGLER, H. (Ed.). **Physiological plant ecology I**. New York: Springer-Verlag, 1981. p.57-107.
- CALDWELL, M.M. Plant architecture and resource competition. In: SCHULZE, E.D.; ZWÖLFER, H. (Ed.). **Potentials and limitations of ecosystem analysis** (Ecological studies 61). Berlin: Springer-Verlag, 1987. p.164-179.
- D'ANTONIO, C.M.; HUGHES, R.F.; VITOUSEK, P.M. 2001. Factors influencing dynamics of invasive C4 grasses in Hawaiian woodland, role of resource competition and priority effects. **Ecology**, v.82, p.89-1004, 2001.

- DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V.R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.55-64, 2002.
- DUGGIN, J.A.; GENTLE, C.B. Experimental evidence on the importance of the disturbance intensity for invasion of *Lantana camara* L. in dry rainforest-open forest ecotones in north-eastern NSW, Australia. **Forest Ecology and Management**, v.109, p.279-292, 1998.
- ERNST, W.H.O. Seed and seedling ecology of *Bachystegia spiciformis*, a predominant tree component in miombo woodlands in south central Africa. **Forest Ecology and Management**, v.25, p.195-210, 1988.
- FEDERER, C.A.; TANNER, C.B. Spectral distribution of light in the forest. **Ecology**, v.47, p.555-560, 1966.
- FENG, Y.L.; CAO, K.F.; ZHANG, J.L. Photosynthetic characteristics, dark respiration, and leaf mass per unit area in seedlings of four tropical tree species grown under three irradiances. **Photosynthetica**, v.42, p.431-437, 2004.
- FENG, Y.; WANG, J.; SANG, W. Biomass allocation, morphology and photosynthesis of invasive and noninvasive exotic species grown at four irradiance levels. **Acta Oecologica**, v.31, p.40-47, 2007.
- FENNER, M. Ecology of seed banks. In: KIGEL, J.; GALILI, G. (Ed). **Seed development and germination**. New York: Dekker, 1995. p.507-528.
- FIGLIOLIA, M. Ecologia da germinação de semente e desenvolvimento de plantas de *Platymiscium floribundum* Vog. (sacambu) – Fabaceae em viveiro e sob dossel de floresta ombrófila densa, São Paulo, SP. 2005. 126f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2005.
- FINE, P.V.A. The invasibility of tropical forests by exotic plants. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.687-705, 2002.
- GILBERT, I.R.; JARVIS, P.G.; SMITH, H. Proximity signal and shade avoidance differences between early and late successional trees. **Nature**, v.411, p.792-795, 2001.
- GOMES-LARANJO, J.; COUTINHO, J.P., GALHANO, V.; FERREIRA-CARDOSO, J.V. Differences in photosynthetic apparatus of leaves from different sides of the chestnut canopy. **Photosynthetica**, v.46, p.63-72, 2008.

- GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance. **Biological Invasions**, v.6, p.1-9, 2004.
- GROENEVELD, H.W. Measuring the RGR of individual grass plant. **Annals of Botany**, v.82, p.803-808, 1998.
- HUNT, R. **Plant growth curves: the functional approach to plant growth analysis**. London: Edward Arnold, 1982. 248p.
- JONES, R.H.; McLEOD, K.W. Growth and photosynthetic responses to a range of light environments in Chinese tallow tree and Carolina ash seedlings. **Forest Science**, v.36, p.851-862, 1990.
- KITAJIMA, K. Relationship between photosynthesis and thickness of cotyledons for tropical tree species. **Functional Ecology**, v.6, p.582-584, 1992.
- KITAJIMA, K. Relative importance of photosynthesis traits and allocation patterns as correlates of seedling shade tolerance of 13 tropical trees. **Oecologia**, v.98, p.419-428, 1994.
- KITAJIMA, K. Ecophysiology of tropical tree seedlings. In: MULKEY, S.S.; CHAZDON, R.L.; SMITH, A.P. (Ed.) **Tropical forest plant ecophysiology**. New York: Chapman & Hall, 1996. p.559-596.
- LEICHT, S.A.; SILANDER, J.A. Jr. Differential responses of invasive *Celastrus orbiculatus* (Celastraceae) and native *C. scandens* to changes in light quality. **American Journal of Botany**, v.93, p.972-977, 2006.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368p.
- LÜTTGE, U. **Physiological ecology of tropical plants**. Berlin: Springer-Verlag, 1997. 384p.
- MYERS, C.V.; ANDERSON, R.C.; BYERS, D.L. Influence of shading on the growth and leaf photosynthesis of the invasive non-indigenous plant garlic mustard [*Alliaria petiolata* (M. Bieb) Cavara and Grande] grown under simulated late-winter to mid-spring conditions. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v.132, p.1-10, 2005.
- MONTGOMERY, R. Relative importance of photosynthetic physiology and biomass allocation for tree seedling growth across a broad light gradient. **Tree Physiology**, v.24, p.155-167, 2004.

- NIINEMETS, Ü; VALLADARES, F.; CEULEMANS, R. Leaf-level phenotypic variability and plasticity of invasive *Rhododendron ponticum* and non-invasive *Ilex aquifolium* co-occurring at two contrasting European sites. **Plant Cell Environment**, v.26, p.941-956, 2003.
- PATTISON, R.R.; GOLDSTEIN, G.; ARES, A. Growth, biomass allocation and photosynthesis of invasive and native Hawaiian rainforest species. **Oecologia**, v.117, p.449-459, 1998.
- PEZZONPANE, J.E.M. et al. Temperatura do solo no interior de um fragmento de floresta secundária semidecidual. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.1-8, 2002.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. 830p.
- SAKAI, A.K. et al. The population biology of invasive species. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.32, p.305-332, 2001.
- SANFORD, N.L.; HARRINGTON, R.A.; FOWNES, J.H. Survival and growth of native and alien woody seedlings in open and understory environments. **Forest Ecology and Management**, v.183, p.377-385, 2003.
- SANTOS, D.L. Aspectos fisiológicos de cedro rosa (*Cedrela fissilis* Vellozo) – Meliaceae. 2003. 140f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.
- SANTOS, D.L.; RAKOCEVIC, M.; TAKAKI, M.; RIBASKI, J. Morphological and physiological responses of *Cedrela fissilis* Vellozo (Meliaceae) seedlings to light. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, p.171-182, 2006.
- SCALON, S.P.Q.; ALVARENGA, A.A. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth.). **Revista Árvore**, v.17, p.265-270, 1993.
- SMITH, H. Phytochromes and light signal perception by plants – an emerging synthesis. **Nature**, v.407, p.585-591, 2000.
- SOCOLOWSKI, F.; VIEIRA, D.C.M.; TAKAKI, M. Interaction of temperature and light on seed germination in *Tecoma stans* L. Juss. ex Kunth (Bignoniaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.723-730, 2008.
- SPACE, J.C.; IMADA, C.T. **Report to the Republic of Kiribati on invasive plant species on the islands of Tarawa, Abemama, Butaritari and Maiana**. Honolulu: U.S.D.A. Forest Service/Bishop Museum, 2004. Disponível em:

<<http://www.bishopmuseum.org/research/pbs/pdf/kiribati.pdf>> Acesso em: 22 ago. 2007.

- SWARBRICK, J.T.; HART, R. Environmental weeds of Christmas Island (Indian Ocean) and their management. **Plant Protection Quarterly**, v.16, p.54-57, 2000.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TERASHIMA, I.; HIKOSAKA, K. Comparative ecophysiology of leaf and canopy photosynthesis. **Plant Cell Environmental**, v.18, p.1111-1128, 1995.
- VALLADARES, F.; WRIGHT, S.J.; LASSO, E.; KITAJIMA, K.; PEARCY, B.W. Plastic phenotypic response to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. **Ecology**, v.81, p.1925-1936, 2000.
- VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.541-554, 2006.
- VILELA, A.E.; RAVETTA, D.A. The effect of radiation on seedling growth and physiology in four species of *Prosopis* L. (Mimosaceae). **Journal of Arid Environmentals**, v.44, p.415-423, 2000.
- WILLIAMS, D.G.; MACK, R.N.; BLACK, R.A. Ecophysiology of introduced *Pennisetum setaceum* on Hawaii: the role of phenotypic plasticity. **Ecology**, v.76, p.1569-1580, 1995.
- WOODS, K.D. Effects of invasion by *Lonicera tartarica* L. on herbs and tree seedlings in four New Englands forests. **American Midland Naturalist**, v.130, p.62-74, 1993.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 929p.
- ZOU, J., ROGERS, W.E.; SIEMANN, E. Plasticity of *Sapium sebiferum* seedling growth to light and water resources: Inter- and intraspecific comparisons. **Basic and Applied Ecology**, 2008. In press.

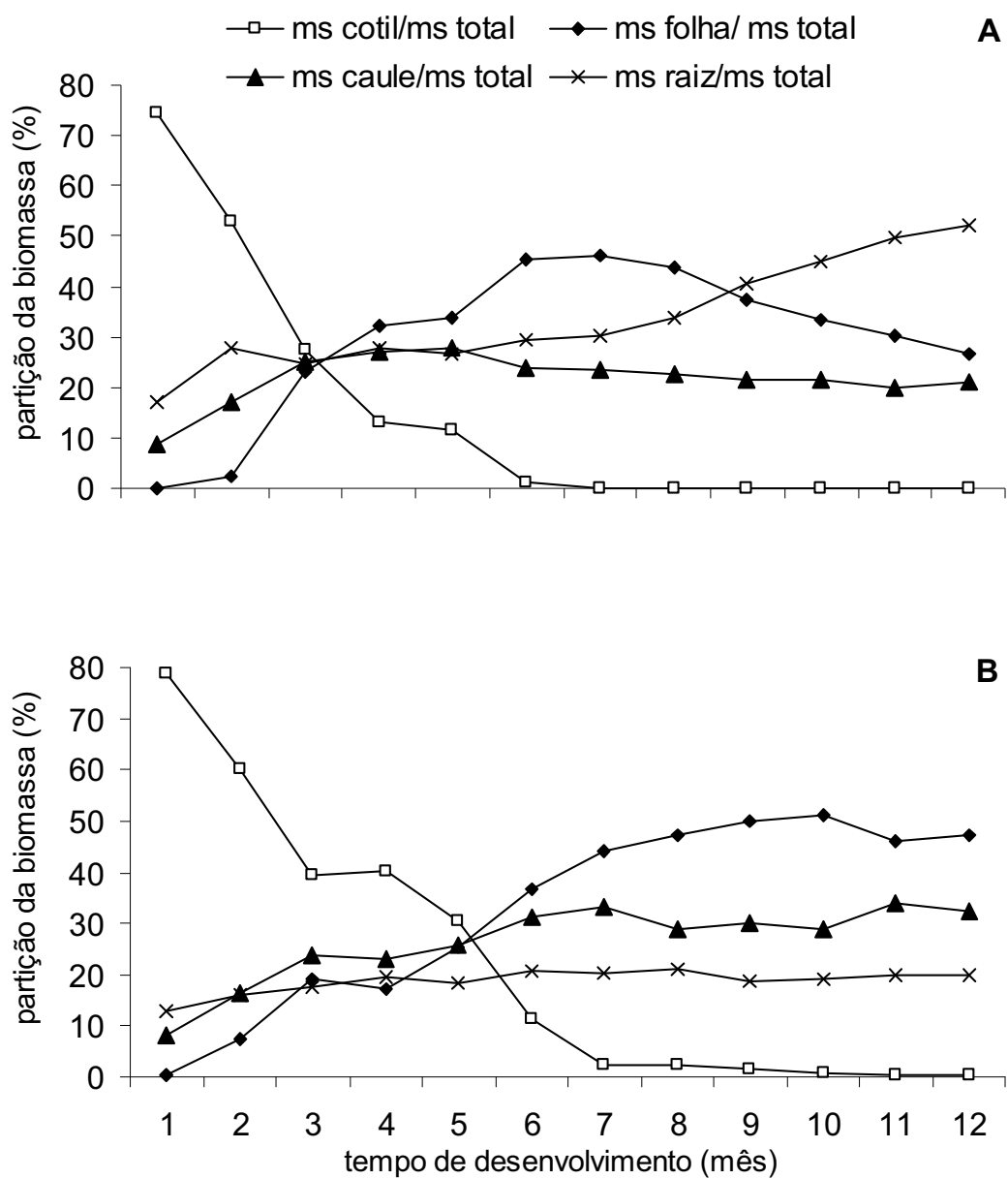


Figura 1 - Partição da biomassa das plantas de *Clausena excavata* Burm. f. desenvolvidas a pleno sol (A) e na sombra (B), ao longo de um ano.

Tabela 1 - Média $\pm$ erro padrão ($n = 10$; $*n = 6-10$) da altura, razão entra a massa seca da raiz e da parte aérea, área foliar e área foliar específica das plantas de *Clausena excavata* Burm. f. desenvolvidas a pleno sol e na sombra. Médias mensais seguidas de mesma letra indicam que não há diferença significativa, pelo Teste t, entre as plantas de sol e sombra para determinado parâmetro.

Tempo de desenvolvimento (mês)	Altura (cm)		Raiz/parte aérea		Área foliar (cm ²)		Área foliar específica (cm ² /mg)*	
	sol	sombra	sol	sombra	sol	sombra	sol	sombra
1	2,5 $\pm$ 0,1 ^b	4,3 $\pm$ 0,8 ^a	0,21 $\pm$ 0,01 ^a	0,15 $\pm$ 0,00 ^b	0,0 $\pm$ 0,0	0,5 $\pm$ 0,2	-	0,23 $\pm$ 0,03
2	4,0 $\pm$ 0,5 ^b	6,8 $\pm$ 0,9 ^a	0,39 $\pm$ 0,03 ^a	0,19 $\pm$ 0,01 ^b	0,7 $\pm$ 0,3 ^b	3,0 $\pm$ 1,1 ^a	0,36 $\pm$ 0,07 ^a	0,50 $\pm$ 0,09 ^a
3	6,2 $\pm$ 0,8 ^b	9,9 $\pm$ 0,5 ^a	0,33 $\pm$ 0,02 ^a	0,21 $\pm$ 0,01 ^b	6,3 $\pm$ 1,8 ^a	7,4 $\pm$ 1,2 ^a	0,29 $\pm$ 0,01 ^b	0,43 $\pm$ 0,03 ^a
4	7,4 $\pm$ 0,9 ^a	8,5 $\pm$ 0,7 ^a	0,39 $\pm$ 0,03 ^a	0,25 $\pm$ 0,01 ^b	10,7 $\pm$ 3,2 ^a	5,9 $\pm$ 1,8 ^a	0,27 $\pm$ 0,01 ^b	0,41 $\pm$ 0,02 ^a
5	7,8 $\pm$ 0,9 ^a	8,3 $\pm$ 1,3 ^a	0,34 $\pm$ 0,04 ^a	0,24 $\pm$ 0,03 ^b	15,1 $\pm$ 5,0 ^a	9,1 $\pm$ 2,4 ^a	0,27 $\pm$ 0,01 ^b	0,40 $\pm$ 0,01 ^a
6	9,9 $\pm$ 1,6 ^a	10,4 $\pm$ 1,2 ^a	0,39 $\pm$ 0,02 ^a	0,26 $\pm$ 0,02 ^b	65,8 $\pm$ 19,9 ^a	13,8 $\pm$ 3,3 ^b	0,23 $\pm$ 0,01 ^b	0,38 $\pm$ 0,02 ^a
7	16,6 $\pm$ 1,3 ^a	13,3 $\pm$ 0,8 ^b	0,45 $\pm$ 0,03 ^a	0,25 $\pm$ 0,02 ^b	134,9 $\pm$ 31,6 ^a	31,3 $\pm$ 5,4 ^b	0,21 $\pm$ 0,00 ^b	0,28 $\pm$ 0,01 ^a
8	21,1 $\pm$ 2,5 ^a	12,0 $\pm$ 2,0 ^b	0,58 $\pm$ 0,10 ^a	0,34 $\pm$ 0,05 ^b	334,0 $\pm$ 93,2 ^a	57,3 $\pm$ 18,2 ^b	0,22 $\pm$ 0,01 ^b	0,29 $\pm$ 0,04 ^a
9	31,0 $\pm$ 2,4 ^a	16,6 $\pm$ 1,9 ^b	0,63 $\pm$ 0,07 ^a	0,24 $\pm$ 0,02 ^b	704,8 $\pm$ 102,2 ^a	95,2 $\pm$ 24,7 ^b	0,20 $\pm$ 0,01 ^b	0,37 $\pm$ 0,03 ^a
10	30,9 $\pm$ 5,0 ^a	16,0 $\pm$ 2,5 ^b	0,66 $\pm$ 0,09 ^a	0,24 $\pm$ 0,02 ^b	905,0 $\pm$ 221,0 ^a	140,6 $\pm$ 52,4 ^b	0,20 $\pm$ 0,01 ^b	0,39 $\pm$ 0,02 ^a
11	36,3 $\pm$ 6,0 ^a	15,7 $\pm$ 2,4 ^b	0,91 $\pm$ 0,07 ^a	0,27 $\pm$ 0,03 ^b	1297,1 $\pm$ 272,2 ^a	82,0 $\pm$ 32,9 ^b	0,17 $\pm$ 0,01 ^b	0,38 $\pm$ 0,02 ^a
12	46,5 $\pm$ 3,5 ^a	14,5 $\pm$ 2,2 ^b	1,06 $\pm$ 0,09 ^a	0,29 $\pm$ 0,04 ^b	1.606,8 $\pm$ 210,1 ^a	89,0 $\pm$ 32,6 ^b	0,15 $\pm$ 0,01 ^b	0,37 $\pm$ 0,02 ^a

Tabela 2 - Biomassa total média, seguida do erro padrão da amostra (n=10), das plântulas de *Clausena exacavata* Burm. f., a cada mês, desenvolvidas a pleno sol e na sombra.

Tempo de desenvolvimento (mês)	Biomassa total média (mg)	
	sol	sombra
1	95,6 ± 3,1 ^a	84,2 ± 4,3 ^b
2	84,2 ± 2,2 ^a	82,1 ± 4,8 ^a
3	97,0 ± 7,3 ^a	86,4 ± 4,7 ^a
4	127,6 ± 17,8 ^a	85,0 ± 6,2 ^b
5	174,3 ± 33,9 ^a	90,8 ± 8,0 ^b
6	655,2 ± 187,6 ^a	101,4 ± 12,3 ^b
7	1.384,6 ± 315,8 ^a	256,4 ± 36,4 ^b
8	3.755,4 ± 1.185,7 ^a	388,9 ± 104,7 ^b
9	9.873,5 ± 1.795,1 ^a	574,1 ± 127,4 ^b
10	14.863,7 ± 4.063,8 ^a	757,2 ± 256,5 ^b
11	28.277,1 ± 6.313,7 ^a	559,7 ± 236,6 ^b
12	42.622,1 ± 5.816,1 ^a	605,6 ± 217,3 ^b

Médias seguidas de mesma letra, em um mesmo mês, não diferem estatisticamente pelo Test t.

Tabela 3 - Índices de plasticidade fenotípica para algumas variáveis avaliadas entre as plantas de *Clausena excavata* Burm. f. desenvolvidas a pleno sol e na sombra, aos 6 e 12 meses de idade.

Variável	Idade	
	6 meses	12 meses
altura	0,04	0,69
área foliar	0,79	0,94
área foliar específica	0,40	0,60
biomassa	0,85	0,99
raiz/parte aérea	0,38	0,77

CAPÍTULO 3. ESTRUTURA DE TAMANHO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE *Clausena excavata* BURM. F. (RUTACEAE), ESPÉCIE EXÓTICA, EM UMA FLORESTA PLANTADA NO BRASIL

RESUMO – As espécies invasoras são reconhecidas como um dos mais importantes e difíceis fatores que influenciam a conservação dos ecossistemas nativos, sendo consideradas uma das maiores ameaças à biodiversidade. Na restauração de ambientes degradados, estas espécies podem afetar profundamente a trajetória do recobrimento vegetal pelas espécies nativas e, conseqüentemente, a composição do ecossistema. Por isso, o conhecimento detalhado da biologia das espécies invasoras é necessário para que as técnicas de controle sejam eficientes. Os objetivos deste estudo foram descrever a estrutura de tamanho e distribuição espacial de *Clausena excavata* Burm. f., uma espécie exótica invasora, em uma floresta em processo de restauração e verificar se existe correlação entre sua distribuição e a abertura do dossel, identificando os ambientes por ela ocupados. Para a descrição da estrutura populacional foram instaladas 60 parcelas de 10 m x 10 m, subdivididas em 4 m x 4 m e 2 m x 2 m, onde foram amostrados, respectivamente, os indivíduos adultos ($CAP \geq 10$ cm), jovens ($CAP < 10$ cm e altura ≥ 1 m) e plântulas (altura < 1 m). A abertura do dossel foi determinada em cada parcela. A densidade de plântulas no reflorestamento foi de 0,70 ind.m⁻², de juvenis de 0,53 ind.m⁻² e de adultos de 0,02 ind.m⁻². A população apresentou distribuição de tamanho na forma “J invertido”, com aproximadamente 40% dos indivíduos na primeira classe de altura e de circunferência. O padrão de dispersão espacial de *C. excavata* na área foi bastante agregado e não correlacionado com a disponibilidade de luz. A regeneração da espécie tem ocorrido nas proximidades das plantas mãe, sugerindo que a dispersão das sementes ocorre a curtas distâncias e que a mortalidade das plântulas é baixa próxima às matrizes. O recrutamento de *C.*

excavata nesta floresta plantada tem acontecido com sucesso, dentre outros fatores possíveis, devido à sua tolerância ao sombreamento.

Palavras-chave: espécie invasora, recrutamento de plântulas, restauração florestal, tolerância ao sombreamento

ABSTRACT – The invasive species are recognized one of more important and difficult factors that prejudice the conservation of native ecosystems, consisting in one of higher hazard to biodiversity. In the restoration of degraded environment, these species can to affect profoundly the trajectory of recovery by native species and, therefore, the ecosystems composition. Thus, the detailed knowledge of biology of invasive species is necessary to that control techniques will be efficient. The objectives of this study were to describe the structure and spatial distribution of *Clausena excavata* Burm.f, a invasive exotic species, in a restored forest and to verify if have relation among your distribution and percent open canopy, identifying the occupied habitats by this species. For describe the population structure were placed 60 plots of 10 m x 10 m, subdivided on 4 m x 4 m and 2 m x 2 m, where were sampled, respectively, the trees (perimeter $\geq$ 10 cm), sapling (perimeter $<$ 10 cm e height $\geq$ 1 m) and seedling (height $<$ 1 m). The percent open canopy was determined in each plot. The seedlings density on the restored florest was 0.70 individuals.m⁻², saplings 0.53 individuals.m⁻² and, trees 0.02 individuals.m⁻². This population showed size distribution in form “reverse J”, with about 40% of individuals on first class of height and perimeter. The spatial pattern of *C. excavata* was much clumped and not correlated with light availability. The regeneration has happened on surroundings of patterns tree, suggesting that the seed dispersal occur in short distances and that the seedling mortality is low near to parents. In this forest, the recruitment of *C. excavata* has happened with success, among others possible factors, because your shade tolerance.

Key words: invasive species, seedling recruitment, restoration ecology, shade tolerance

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os impactos das espécies exóticas são bastante reconhecidos e acredita-se que nenhuma área no mundo parece estar livre destes impactos (VITOUSEK et al., 1997).

As espécies invasoras são reconhecidas como um dos mais importantes e difíceis fatores que influenciam a conservação dos ecossistemas nativos a longo prazo (HOBBS & MOONEY, 1993 apud MEDEIROS, 2004), consideradas uma das maiores ameaças à biodiversidade (WASHITANI, 2001), causando algumas vezes mudanças irreparáveis (FINE, 2002). Na restauração de ambientes degradados, as espécies invasoras podem afetar fortemente a trajetória do recobrimento vegetal pelas espécies nativas e, conseqüentemente, a composição do ecossistema (HOBBS & MOONEY, 1993 apud MEDEIROS, 2004).

O conhecimento detalhado da biologia das espécies invasoras, especialmente ao que se refere ao comportamento fenológico e demográfico, é necessário para que as técnicas de controle sejam eficientes (RECASENS et al., 2005). O argumento para estudos sobre invasões biológicas tem sido que a detecção de uma espécie invasora combinada com o conhecimento de seus atributos e limitações permite maximizar qualquer esforço relacionado ao seu controle (WILLIAMSON, 1996).

A densidade de uma população vegetal em certa área e sua distribuição espacial são determinadas por alguns fatores, como temperatura, precipitação, luz, fertilidade do solo e competição (MYERS & BAZELY, 2003). A distribuição espacial das plantas depende do padrão de dispersão das sementes e da probabilidade de sobrevivência das plântulas, as quais podem ser afetadas por fatores bióticos e/ou abióticos, que formam o mosaico de condições ambientais presentes em uma área (JANZEN, 1970).

Desta maneira, as condições ambientais influenciam a regeneração natural, que depende da produção e germinação das sementes e do estabelecimento dos indivíduos (RAO, 1988), e, conseqüentemente, a estrutura populacional. A partir da proporção de plântulas e indivíduos jovens na totalidade das populações em uma floresta é possível prever a estrutura futura de uma comunidade vegetal (KHUMBONGMAYUM et al., 2006). Outra razão da importância das informações sobre a estrutura populacional é que os diferentes indivíduos exercem diferentes efeitos sobre o crescimento da população e por isso a necessidade de se conhecer

os tipos de indivíduos que a compõem e suas quantidades (GUREVITCH et al., 2006).

VIEIRA & GANDOLFI (2006), estudando a regeneração natural de uma área reflorestada, onde foram plantadas espécies exóticas e nativas do Brasil, observaram que a espécie predominante em regeneração naquela comunidade, ocorrendo com a maior abundância de indivíduos e sendo a única espécie presente em todas as unidades amostrais, era *Clausena excavata* Burm. f. (Rutaceae), uma das espécies exóticas plantadas.

Em algumas partes do mundo é reconhecido o estabelecimento de *C. excavata*. No Hawaii é considerada espécie invasora (SPACE & IMADA, 2004) e na Austrália é reconhecida como planta daninha, comum na vegetação da Ilha Christmas (GREEN et al., 2004), onde, provavelmente, foi introduzida por equívoco no lugar da similar *Murraya koenigii* (L.) Spreng. (Rutaceae). Atualmente, a espécie encontra-se completamente espalhada no estrato de regeneração, difundindo-se rapidamente nas áreas de floresta tropical, estabelecendo-se tanto no interior da floresta como nas áreas marginais e outras áreas com distúrbios da ilha. As sementes são dispersas por aves e as plântulas são ignoradas pelos predadores locais (SWARBRICK & HART, 2000).

Clausena excavata (vampi, clausena curry) apresenta altura entre 6 e 9 m e forma copa irregular e aberta. Suas flores são esbranquiçadas e pequenas, dispostas em panículas terminais de 20 a 30 cm de comprimento. Os frutos são drupas elipsóides brilhantes, rosados, com 7 a 10 mm de comprimento, com polpa suculenta e adocicada, que contem de 1 a 2 sementes (LORENZI et al., 2003) recalcitrantes. São conhecidas propriedades medicinais em suas folhas, casca e raízes (WU et al., 1998). A propagação ocorre exclusivamente por semente (LORENZI et al., 2003).

Os objetivos deste estudo foram descrever a estrutura de tamanho e distribuição espacial de uma população de *Clausena excavata* em uma floresta em processo de restauração e verificar se há correlação entre sua distribuição e a abertura do dossel, identificando os ambientes por ela ocupados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A área onde a população de *Clausena excavata* Burm. f. foi estudada localiza-se na bacia hidrográfica do Ribeirão Cachoeirinha, no Município de Itacemápolis, São Paulo, Brasil (22°35' S, 47°31' W). O clima da região é do tipo Cwa (tropical de altitude com inverno seco e verão úmido e quente), segundo a classificação de KÖPPEN (1948), e a precipitação total anual varia entre 1.100 e 1.700 mm. Os solos existentes na área da floresta são Latossolo vermelho escuro e Gleissolo (OLIVEIRA, 2004).

A área de estudo faz parte de um projeto de restauração florestal realizado em 1987, no qual foram plantados aproximadamente 50 ha, distribuídos em uma faixa de 50 m ao redor da represa municipal, onde anteriormente havia monocultura de cana-de-açúcar. Nesta área foram plantadas 140 espécies arbustivo-arbóreas, entre exóticas e nativas da flora regional, distribuídas em blocos de nove indivíduos (6 de espécies pioneiras, 2 de secundárias iniciais e 1 de secundária tardia ou clímax), totalizando aproximadamente 625 indivíduos.ha⁻¹ (RODRIGUES et al., 1992). Atualmente, a floresta apresenta um dossel de aproximadamente 10 m de altura e diferentes estratos de regeneração (VIEIRA & GANDOLFI, 2006). Toda área é circundada por cana-de-açúcar (Figura 1).

Para a descrição da estrutura populacional foram instaladas, ao redor da represa, 60 parcelas permanentes de 10 m x 10 m, dispostas sistematicamente a cada 20 m a uma distância de 10 m da borda (Figura 1). Nestas parcelas foram amostrados todos os indivíduos com CAP (circunferência a 1,30 m de altura do solo) igual ou superior a 10 cm (adultos). Cada parcela foi subdividida em parcelas de 4 m x 4 m e 2 m x 2 m, nas quais foram amostrados os indivíduos menores, com CAP menor que 10 cm e altura igual ou superior a 1 m (jovens) e aqueles com altura inferior a 1 m (plântulas), respectivamente. Todos os indivíduos foram medidos quanto a altura e a circunferência do caule. Para os indivíduos adultos, tomou-se a medida do CAP, para os demais mediu-se a circunferência na base do caule (CBC), ao nível do solo.

Para caracterizar a estrutura populacional, todos os indivíduos foram separados em 10 classes de altura e de circunferência do caule. A amplitude destas classes de tamanho foram definidas de acordo com FOWLER et al. (1998).

A abertura do dossel foi determinada em cada parcela de 2 m x 2 m e 10 m x 10 m, em fevereiro de 2008. Foi utilizada uma câmera digital Sony MAVICA e acoplada a ela uma lente “olho mágico” com abertura de 160°. As fotografias foram tiradas no centro de cada parcela, posicionando a câmera na posição horizontal com auxílio de um tripé, a 15 cm e a 1 m do solo, respectivamente nas parcelas menores e maiores. As imagens obtidas foram analisadas em preto e branco no programa GLA 2.0 (Gap Light Analyzer), obtendo a porcentagem de abertura do dossel em cada parcela.

A distribuição espacial dos indivíduos de *C. excavata* foi avaliada a partir do coeficiente de dispersão, como a razão da variância/número médio de indivíduos amostrados nas parcelas ($s^2/\bar{x}$). O padrão espacial é considerado aleatório quando $s^2/\bar{x} = 1$, regular quando $s^2/\bar{x} < 1$ e agregado se $s^2/\bar{x} > 1$ (BROWER et al., 1998).

A existência de correlação entre a densidade de indivíduos, para os três estágios de desenvolvimento, e a abertura do dossel foi verificada a partir de análises de correlação de Spearman (r_s). Para verificar a existência de relação entre as densidades dos três estágios de desenvolvimento, foram feitas análises de regressão. Todas as análises foram realizadas de acordo com ZAR (1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostrados na floresta em restauração 168 plântulas ($7.000 \text{ ind.ha}^{-1}$, em média), 516 indivíduos jovens ($5.300 \text{ ind.ha}^{-1}$) e 140 indivíduos adultos (200 ind.ha^{-1}) de *Clausena excavata* Burm. f. Os valores médios de altura e circunferência do caule destes indivíduos estão apresentados na Tabela 1.

A população de *C. excavata* apresentou distribuição de frequência das classes de tamanho na forma “J invertido”, caracterizada pela maior parte das plantas pertencentes às classes menores, havendo aproximadamente 40% dos indivíduos na primeira classe de altura e de circunferência (Figura 2). Tal forma de distribuição indica uma grande capacidade auto-regenerativa da população estudada. Do mesmo modo, GREEN et al. (2004) também observaram que a estrutura das populações de *C. excavata*, nas áreas da Austrália onde é invasora, apresentava curva “J invertido”.

A presença de um número suficiente de plântulas e indivíduos juvenis em uma dada população é um indício do sucesso da regeneração de uma espécie (SAXENA & SINGH, 1984), já que, com o passar do tempo, as plantas sobreviventes desta população “jovem” alcançam a maturidade e se reproduzem, contribuindo para o crescimento populacional (GUREVITCH et al., 2006).

De acordo com BORING et al. (1981), os regenerantes são bastante influenciados pelas interações dos fatores bióticos e abióticos do ambiente. Alguns autores (KEANE & CRAWLEY, 2002; GUREVITCH et al., 2006) ressaltam que o crescimento de uma população de planta invasora acontece, possivelmente, entre outras causas, porque os novos ambientes estão livres de herbívoros e patógenos, os quais controlariam suas populações.

C. excavata mostrou-se bastante comum na área de estudo, com frequências absolutas variando de 60 (adultos) a 83,3% (indivíduos jovens). Apesar disto, foi observado que a população se distribui de forma bastante agregada, com coeficientes de dispersão maiores que seis (Tabela 1). Em algumas áreas da floresta estudada formaram-se aglomerados da espécie, tanto de plântulas quanto de jovens e adultos (Figuras 3 e 4).

O local exato onde as mudas de *C. excavata* foram plantadas, na instalação do projeto de 1987, não é conhecido. Provavelmente, estas mudas foram implantadas de maneira agrupada, o que justificaria a distribuição espacial dos

indivíduos maiores. Em duas regiões do reflorestamento, a leste (parcelas 46 a 60) e próximo de onde se chega à área (parcelas 1 a 12), a densidade da espécie foi relativamente menor. Neste lado leste, no entanto, notou-se que a regeneração natural e a densidade de árvores da comunidade eram visivelmente baixas de maneira geral.

O padrão de distribuição agregado dos indivíduos regenerantes foi relacionado à agregação das plantas adultas. Tanto a densidade de plântulas com juvenis quanto a densidade dos juvenis e regenerantes (plântulas + juvenis) com adultos foram relacionadas positivamente (Figura 5). Ainda que modestamente relacionadas, isso mostra que a regeneração de *C. excavata* se localizou próximo às plantas mãe. Onde existiam poucos adultos, a regeneração da espécie foi baixa ou até mesmo ausente.

Estudos têm mostrado que o recrutamento de plântulas provavelmente esteja relacionado com a chuva de sementes, embora esta ligação possa desaparecer com o passar do tempo, após se tornarem indivíduos jovens (HERRERA et al., 1994). A grande parte dos propágulos que compõem a chuva de sementes vem de plantas frutificando a curtas distâncias (WALKER & NERIS, 1993, PENHALBER & MANTOVANI, 1997; VIEIRA & GANDOLFI, 2006), o que justificaria a regeneração de algumas espécies bem próxima às plantas reprodutivas.

Plantas adultas distribuídas de maneira agrupada normalmente é resultado de dispersão de sementes a curtas distâncias seguida pela baixa mortalidade das plântulas nas proximidades da árvore mãe (PERES & BAIDER, 1999). Este padrão agregado também foi observado em espécies de plantas tolerantes ao sombreamento na Ilha do Barro Colorado, Panamá (WRIGHT et al., 2003).

Os coeficientes de correlação entre as densidades dos vários estágios de desenvolvimento e a abertura do dossel foram muito próximos de zero e não significativos. Em parcelas bem iluminadas, com cerca de 50% de abertura do dossel, ou mais sombreadas, com menos de 10% de abertura, por vezes estavam presentes muitas plantas, em outras nenhuma. A abertura do dossel medida próxima ao solo foi de $29,85 \pm 1,7\%$ e a 1 m de altura foi de $30,4 \pm 1,8\%$.

O fato da distribuição de *C. excavata* não ter sido correlacionada com a disponibilidade de luz é explicado pela sua tolerância ao sombreamento (Capítulos 1 e 2), uma característica, segundo (FINE, 2002), raramente observada nas espécies exóticas.

A formação de um estrato com muitas plântulas pode ser atribuída à disponibilidade de microhabitats que permitem a regeneração a partir da germinação de muitas sementes (KHUMBONGMAYUM et al., 2006). O recrutamento de *C. excavata* nesta floresta plantada é, dentre outros fatores não estudados, atribuído às características de suas sementes e plântulas. A grande contribuição da espécie na chuva de sementes da comunidade (VIEIRA & GANDOLFI, 2006), o alto sincronismo da frutificação, no período mais propício à germinação de suas sementes (Capítulo 4), a indiferença das sementes quanto à disponibilidade de luz para germinar (Capítulo 1) e a tolerância ao sombreamento por parte de suas plântulas (Capítulo 2), são fatores que ajudam a explicar tal sucesso nesta área.

Algumas espécies invasoras, como *Clidemia hirta* D. Don, *Miconia calvescens* DC., *Psidium cattleianum* Sabine e *Tibouchina herbaceae* (DC) Cogniaux, ocupam com sucesso áreas de floresta tropical intactas ou com distúrbios (ALMASI, 2000). Assim como *C. excavata*, os estudos com *M. calvescens* (MEYER & FLORENCE, 1996) e *T. herbaceae* (ALMASI, 2000) revelaram a capacidade que suas sementes têm de germinar em diversas condições ambientais e a tolerância destas espécies ao sombreamento. Além disso, os autores observaram que ambas as espécies formavam adensamentos de indivíduos que acabavam prejudicando o crescimento de muitas espécies nativas. Segundo ALMASI (2000), exemplos de invasões ocorridas no Hawaii demonstram o perigo de ignorar as invasões por plantas no ambiente florestal. Como prevenção, áreas vulneráveis e propícias à invasão devem ser identificadas e medidas que controlem a dispersão destas espécies devem ser adotadas tão logo quanto possível.

Contrariamente, para as espécies intolerantes ao sombreamento, a colonização de habitats recentemente criados, distantes das plantas mãe, é essencial para o sucesso do recrutamento e persistência das populações (ALVAREZ-BUYLLA et al., 1996). RIBEIRO & ZAÚ (2007) observaram que *Dracaena fragrans* Ker-Gawl, espécie exótica invasora da Floresta da Tijuca, ocupa especialmente as áreas onde a disponibilidade de luz e as temperaturas são maiores, distribuindo-se de forma agregada nas bordas da floresta.

Melia azedarach L. é outra espécie exótica que também foi implantada nesta área reflorestada, mas que diferentemente de *C. excavata*, até o momento não se revelou como invasora no local. Apesar da enorme contribuição de seus propágulos na chuva de sementes desta comunidade, o recrutamento de plântulas de *M.*

azedarach foi muito baixo sob suas copas (VIEIRA & GANDOLFI, 2006). Neste caso, as sementes até apresentam grande capacidade de germinar sob a copa das matrizes, mas como observado por SILVA et al. (1994), o sombreamento no interior da floresta impossibilita o seu desenvolvimento.

Desta forma, observa-se que a distribuição espacial da luz no ambiente florestal pode determinar “manchas” de plântulas (SMITH et al., 1992), de acordo com a necessidade de luz de cada espécie.

Embora os distúrbios ambientais freqüentemente facilitem as invasões por espécies vegetais que, na maioria das vezes, são heliófitas (DISLICH et al., 2002; FINE, 2002), os ambientes perturbados também são propícios ao desenvolvimento e ocupação das invasoras tolerantes ao sombreamento. Como observado em *C. excavata*, a disponibilidade de luz tem efeito acentuado no seu desenvolvimento (Capítulo 2), tornando-a ainda mais agressiva nesta condição. Em uma área de reflorestamento, até que se formem os estratos da floresta, existe total disponibilidade de luz. Esta característica faz destes ambientes locais suscetíveis à invasão, ainda mais quando as espécies exóticas estão presentes. Como ressaltado por GUREVITCH et al. (2006), nestas áreas a competição entre as plantas é reduzida e a oferta de recursos é grande, o que permite o estabelecimento e multiplicação das espécies invasoras. A capacidade de crescer em diversas condições ambientais é o que possivelmente faz com que uma planta invasora prevaleça na paisagem (SANFORD et al., 2003).

4 CONCLUSÕES

A população de *Clausena excavata* Burm. f. apresenta distribuição de frequência das classes de tamanho (altura e circunferência do caule) na forma “J invertido”, revelando a sua capacidade de regeneração na área de estudo.

O padrão de distribuição espacial da espécie é agregado, tanto das plântulas quanto dos indivíduos jovens e adultos. As distribuições dos indivíduos estão relacionadas entre si.

A distribuição de *Clausena excavata* não está correlacionada com a disponibilidade de luz na área do reflorestamento. Tanto em áreas bem iluminadas quanto nas mais sombreadas podem ser encontrados agrupamentos ou nenhuma planta desta espécie.

5 REFERÊNCIAS

- ALMASI, K.N. A no-native perennial invades a native forest. **Biological Invasions**, v.2, p.219-230, 2000.
- ALVAREZ-BUYLLA, E.R.; CHÃOS, A.; PINERO, D.; GARAY, A.A. Demographic genetics of a pioneer tropical tree species: patch dynamics, seed dispersal, and seed banks. **Evolution**, v.50, p. 1155-1166, 1996.
- BORING L.R.; MONK C.D.; SWANK W.T. Early regeneration of a clear cut southern Appalachian forest. **Ecology**, v.62, p.1244–1253, 1981.
- BROWER, J.E.; ZAR, J.H.; von ENDE, C.N. **Field and laboratory methods for general ecology**. Boston: WCB Mc Graw-Hill, 1998. 273p.
- DISLICH, R.; KISSER, N.; PIVELLO, V.R. A invasão de um fragmento florestal em São Paulo (SP) pela palmeira australiana *Archontophoenix cunninghamiana* H. Wendl. & Drude. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.55-64, 2002.
- FINE, P.V.A. The invasibility of tropical forests by exotic plants. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.687-705, 2002.
- FOWLER, J.; COHEN, L.; JARVIS, P. **Practical statistics for field biology**. Chichester: John Wiley & Sons, 1998. 259p.
- GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance. **Biological Invasions**, v.6, p.1-9, 2004.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **The ecology of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2006. 574p.
- HERRERA, C.M.; JORDANO, P.; LOPEZ-SORIA, L.; AMAT, J.A. Recruitment of a mast-fruiting, bird dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. **Ecological Monographs**, v.64, p.315-344, 1994.
- JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v.104, p.501-528, 1970.
- KEANE, R.M.; CRAWLEY, M.J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. **Trends in Ecology and Evolution**, v.17, p.164-170, 2002.
- KHUMBONGMAYUM, A.D.; KHAN, M.L.; TRIPATHI, R.S. Biodiversity conservation in sacred groves of Manipur, northeast India: population structure and regeneration status of woody species. **Biodiversity and Conservation**, v.15, p.2439–2456, 2006.

- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003. 368p.
- MEDEIROS, A.C. Phenology, reproductive potential, seed dispersal and predation, and seedling establishment of three invasive plant species in a Hawaiian rain forest. 2004. 276f. Tese (Doutorado) - University of Hawaii, Manoa, Honolulu, 2004.
- MYERS, J.-H.; BAZELY, D.R. **Ecology and control of introduced plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 313p.
- MEYER, J.-Y.; FLORENCE, J. Tahiti's native flora endangered by the invasion of *Miconia calvenscens* DC (Melastomataceae). **Journal of Biogeography**, v.23, p.775-781, 1996.
- OLIVEIRA, A.M.M. de. Aplicação de geotecnologias e de modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão cachoeirinha, Iracemápolis, SP. 2004. 114f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.
- PENHALBER, E.F.; MANTOVANI, W. Floração e chuva de sementes em uma mata secundária em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.20, p.205-220, 1997.
- PERES, C.A.; BAIDER, C. Seed dispersal, spatial distribution and population structure of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in southeastern Amazonia. **Journal of Tropical Ecology**, v.13, p.595-616, 1997.
- RAO, P.B. Effects of environmental factors on germination and seedling growth in *Quercus floribunda* and *Cupressus torulosa*, tree species of central Himalaya. **Annals of Botany**, v.61, p.531-540, 1988.
- RECASENS, J.; CALVET, V.; CIRUJEDA, A.; CONESA, J.A. Phenological and demographic behaviour of an exotic invasive weed in agroecosystems. **Biological Invasions**, v.7, p.17-27, 2005.
- RIBEIRO, M.O.; ZAÚ, A.S. Levantamento populacional e manejo da exótica invasora *Dracaena fragrans* (L.) Ker-Gawl (Angiospermae – Liliaceae), em um trecho de Floresta Atlântica sob efeitos de borda no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, RJ. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.21-23, 2007.

- RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F.; CRESTANA, M.S.M. Revegetação do entorno da represa de abastecimento de água do município de Iracemápolis/SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Curitiba, PR. **Anais**. Curitiba, 1992. p.406-414.
- SANFORD, N.L.; HARRINGTON, R.A.; FOWNES, J.H. Survival and growth of native and alien woody seedlings in open and understory environments. **Forest Ecology and Management**, v.183, p.377-385, 2003.
- SAXENA, A.K.; SINGH, J.S. Tree population structure of certain Himalayan forest associations and implications concerning their future composition. **Vegetatio**, v.58, p.61-69, 1984.
- SILVA, F.C.; SALIMON, C.I.; SILVA, L.H.S.; CUSTÓDIO, A.R. Comportamento de uma população de *Melia azedarach* L. - santa bárbara, vivendo no ecótono do Parque Estadual Mata do Godoy, Londrina, Paraná, Brasil. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.37, p.951-958, 1994.
- SMITH, A.P.; HOGAN, K.P.; IDOL, J.R. Spatial and temporal patterns of light and canopy structure in a lowland tropical moist forest. **Biotropica**, v.24, p.503-511, 1992.
- SPACE, J.C.; IMADA, C.T. **Report to the Republic of Kiribati on invasive plant species on the islands of Tarawa, Abemama, Butaritari and Maiana**. Honolulu: U.S.D.A. Forest Service/Bishop Museum, 2004. Disponível em: <www.bishopmuseum.org/research/pbs/pdf/kiribati.pdf> Acesso em: 22 ago. 2007.
- SWARBRICK, J.T.; HART, R. Environmental weeds of Christmas Island (Indian Ocean) and their management. **Plant Protection Quarterly**, v.16, p.54-57, 2000.
- VIEIRA, D.C.M.; GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.541-554, 2006.
- VITOUSEK, P.M.; D'ANTONIO, C.M.; LOOPE, L.L.; REJMANEK, M.; WESTBROOKS, R. Introduced species: a significant component of human-caused global change. **New Zealand Journal of Ecology**, v.21, p.1-16, 1997.
- WALKER, L.A.; NERIS, L.E. Post hurricane seed rain dynamics in Puerto Rico. **Biotropica**, v.25, p.408-418, 1993.

- WASHITANI, I. Plant conservation ecology management and restoration of riparian habitats of lowlands Japan. **Population Ecology**, v.43, p.189-195, 2001.
- WILLIAMSON, M. **Biological invasions**. London: Chapman & Hall, 1996. 244p.
- WRIGHT, S.J.; MULLER-LANDAU, H.C.; CONDIT, R.; HUBBELL, S.P. Gap-dependent recruitment, realized vital rates, and size distributions of tropical trees. **Ecology**, v.84, p.3174-3185, 2003.
- WU, T-S., HUANG, S-C.; WU, P-L. Lactonic carbazole alkaloids from the root bark of *Clausena excavata*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v.46, p.1459-1461, 1998.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 929p.



Figura 1 – Foto aérea da represa municipal de Iracemápolis (SP) mostrando a disposição das parcelas. (Ano da foto: 2000)

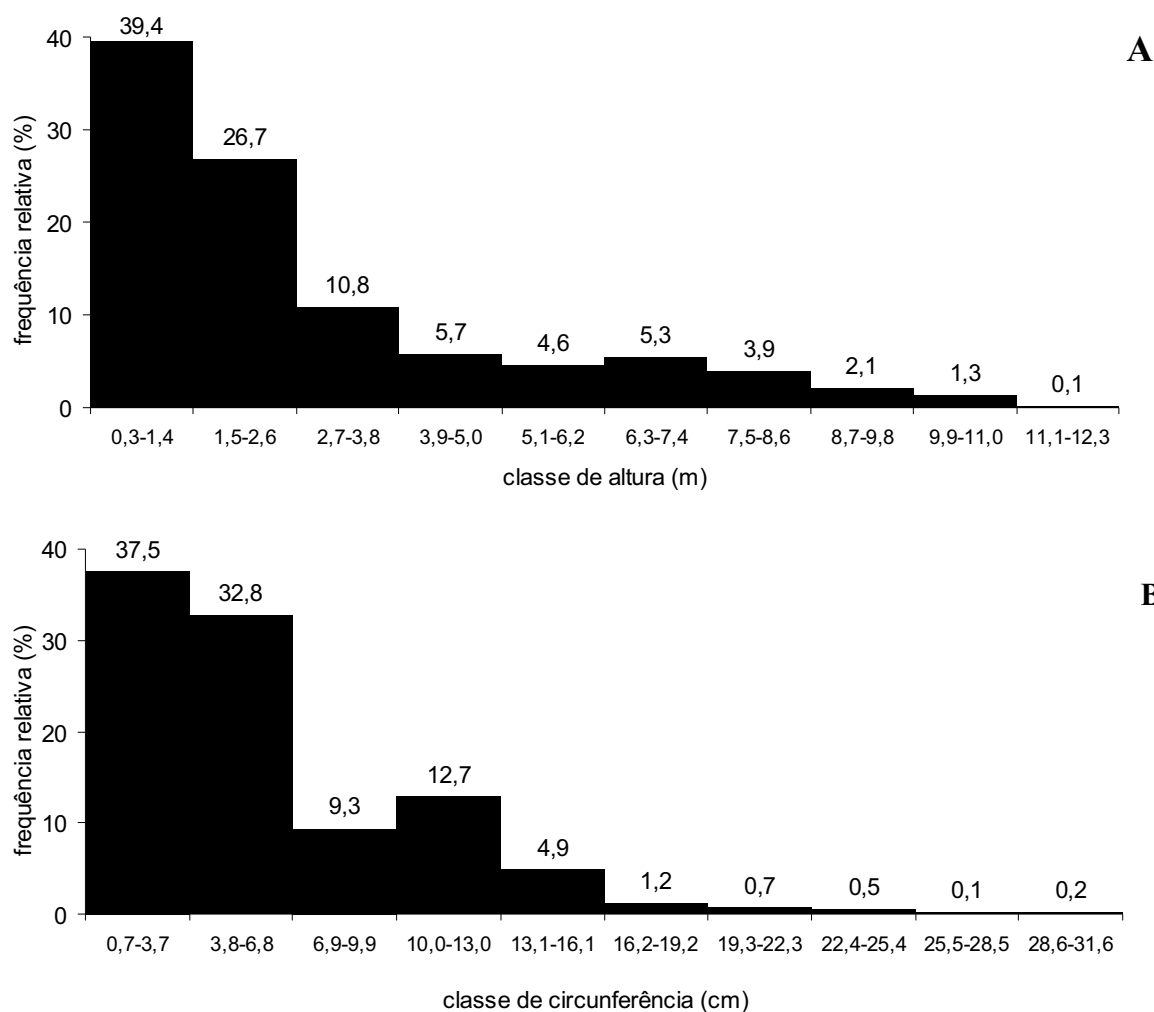


Figura 2 - Distribuição em classe de altura (A) e de circunferência do caule (B) dos indivíduos de *Clausena excavata* Burm. f. (n=824) na área reflorestada (Iracemápolis, SP).



Figura 3 – Adensamento de regenerantes de *Clausena excavata* Burm. f. na área reflorestada (Iracemápolis, SP).

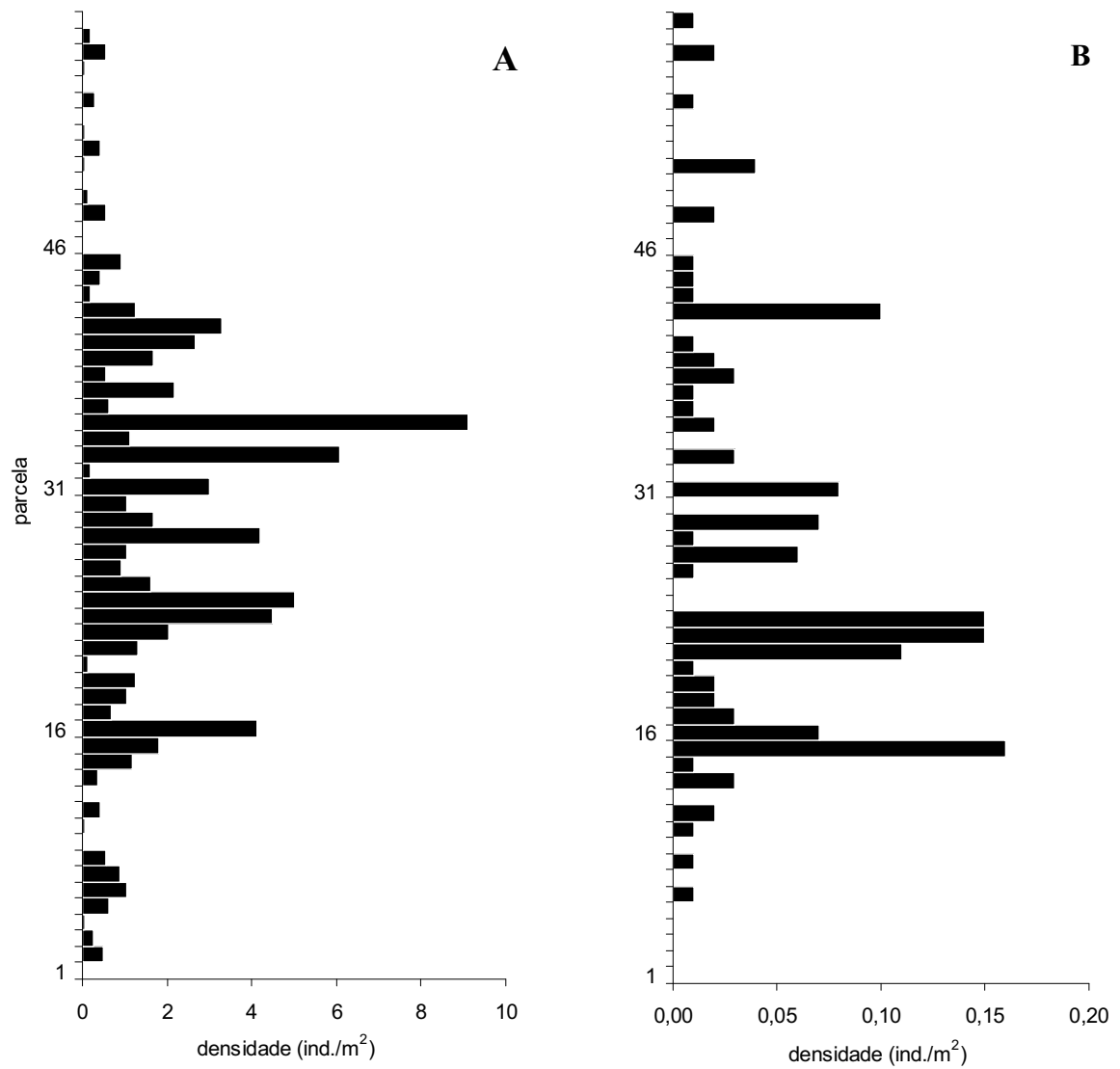


Figura 4 – Densidade de indivíduos regenerantes (CAP < 10 cm) (A) e adultos (CAP ≥ 10 cm) (B) de *Clausena excavata* Burm. f. em cada parcela na área reflorestada (Iracemápolis, SP).

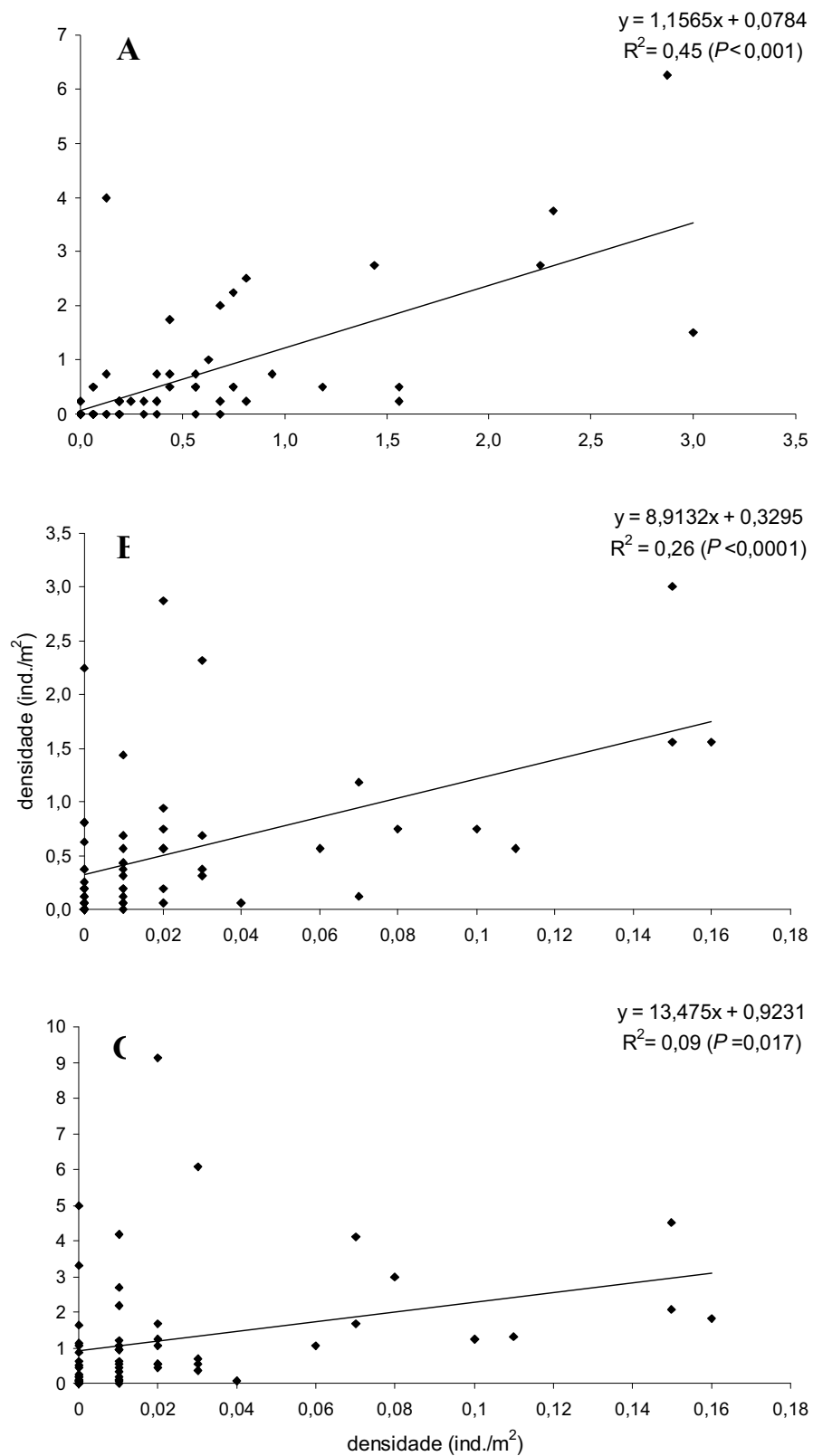


Figura 5 – Relação entre a densidade de plântulas e indivíduos jovens (A), de indivíduos jovens e adultos (B) e de regenerantes (plântulas e juvenis) e adultos (C) de *Clausena excavata* Burm. f.

Tabela 1 – Características das plântulas, indivíduos jovens e adultos de *Clausena excavata* Burm. f. amostrados na área reflorestada (Iracemápolis, SP).
n= número de indivíduos amostrados; FA=frequência absoluta.

	n	Densidade (ind./m ²)	FA (%)	Altura (m)	Circunferência do caule* (cm)	Coefficiente de dispersão
plântula	168	0,70 ± 0,15	61,7	0,52 ± 0,01	1,85 ± 0,05	7,99
jovem	516	0,53 ± 0,08	83,3	2,26 ± 0,05	5,33 ± 0,11	13,96
adulto	140	0,02 ± 0,01	60,0	7,14 ± 0,15	13,54 ± 0,33	6,49

*Circunferência do caule ao nível do solo para plântulas e indivíduos jovens e a 1,30 m do solo para indivíduos adultos.

CAPÍTULO 4. FENOLOGIA REPRODUTIVA DE UMA ESPÉCIE EXÓTICA INVASORA - *Clausena excavata* BURM. F. (RUTACEAE) EM FLORESTA PLANTADA NO BRASIL

RESUMO – O período reprodutivo é uma fase de grande importância para a dinâmica e sobrevivência das populações de espécies vegetais, podendo estar relacionado às épocas mais favoráveis ao desenvolvimento dos frutos e das sementes e às necessidades para a germinação. Este estudo teve como objetivos descrever a fenologia reprodutiva de uma espécie exótica invasora - *Clausena excavata* Burm.f. - em uma floresta em processo de restauração e verificar se há relação entre os fatores climáticos (precipitação e temperatura) e as fenofases avaliadas (floração e frutificação), com a intenção de compreender melhor seu sucesso de invasão e contribuir com informações relevantes para um possível manejo. Para o acompanhamento das fenofases reprodutivas foram marcados 139 indivíduos com CAP ≥ 10 cm, que foram observados mensalmente de junho de 2007 a maio de 2008. A floração de *C. excavata* ocorreu ao longo do ano todo, com exceção do mês de julho, acontecendo mais intensamente nos meses de setembro e outubro, período caracterizado pelo final da estação seca e início da estação chuvosa. Neste mesmo período, a maioria dos indivíduos floresceu. A frutificação se deu por um longo período, porém apresentando sazonalidade na estação úmida. Observou-se alto sincronismo nas fenofases reprodutivas. Tais resultados são relevantes para uma melhor compreensão de seu sucesso como espécie invasora na área estudada, uma vez que suas sementes são recalcitrantes e sua produção está sincronizada para um período favorável ao seu estabelecimento.

Palavras-chave: floração, frutificação, sazonalidade, semente recalcitrante

ABSTRACT – The reproductive period is an important phase for the populations dynamic and survival of plants and can have relation with the favorable season for fruit and seed development and necessities to germination. This study aim to describe the reproductive phenology of an invasive exotic species - *Clausena excavata* Burm. f. – in a restored forest and to verify if have relation among the climatic factors (rainfall and temperature) and the analyzed phenological phases (flowering and fruiting), with a view to understand your invasion success better and to contribute with relevant informations for a possible management. For the phenological observations were marked 139 adult plants and these monthly observations from June/2007 to May/2008. *C. excavata* flowering occurred for all year, save on July, happening intensively on September and October, at the finish of drought season and the beginning of rainy season, coinciding with period wherein great part of plants flowered. The fruiting occurred for all year, but showing seasonality on rainy season. This species presented high synchronism on reproductive phenological phases. These results are relevant for a better understanding of your invasive success in this forest, once upon a time have recalcitrant seeds and your seed production is synchronized with a favourable time for your establishment.

Key words: flowering, fruiting, seasonality, recalcitrant seed

1 INTRODUÇÃO

Estudos fenológicos contribuem para o entendimento da reprodução e regeneração das plantas (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1996), permitindo avaliar a disponibilidade de recursos ao longo do ano (MORELLATO, 1995). As informações fenológicas são importantes tanto do ponto de vista botânico quanto ecológico e necessárias para apoiarem outros estudos, como os de fisiologia de sementes (ALENCAR, 1994).

O conhecimento da floração e frutificação permite prever períodos de reprodução das plantas, seus ciclos de crescimento e outras características de grande valia no manejo florestal (FOURNIER, 1974). E, segundo MARIOT et al. (2003), este conhecimento pode ser aplicado em diversas áreas de atuação, como coleta de frutos e sementes.

O período reprodutivo é uma fase de grande importância para a dinâmica das populações e para a própria sobrevivência das espécies (MANTOVANI et al., 2003) e é resultado das interações dos fatores bióticos e climáticos que, através da seleção natural, determina o momento mais propício para o crescimento e reprodução (VAN SCHAIK et al., 1993). Os fatores bióticos incluem, por exemplo, adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas (BORCHERT, 1993), já os climáticos compreendem o fotoperíodo (WRIGHT & VAN SCHAIK, 1994), a temperatura (ARROYO et al., 1981) e a precipitação (OPLER et al., 1976). Apesar de tantos fatores, o entendimento da fenologia em relação ao clima é um passo inicial importante (MARQUES et al., 2004).

As plantas sincronizam fases da reprodução com períodos de maior disponibilidade de luz, água e nutrientes. Por este motivo é que a maturação dos frutos de algumas espécies vegetais acontece no final da estação seca e início da estação chuvosa (VAN SCHAIK et al., 1993). A adaptação do período de produção de sementes pode estar relacionada à atividade de polinizadores e dispersores, ao desenvolvimento do fruto e da semente, ao comportamento de predadores de sementes e às necessidades para a germinação (JANZEN, 1976).

O conhecimento dos fatores ambientais e das características da planta que contribuem para o sucesso das espécies invasoras é de grande importância para esforços de manejo que têm como propósito prevenir ou controlar sua disseminação (PATTISON et al., 1998, FENG et al., 2007). A eficiência de técnicas de controle de

plantas invasoras requer conhecimento detalhado da biologia destas espécies, especialmente ao que se refere ao comportamento fenológico e demográfico (RECASENS et al., 2005).

Clausena excavata Burm. f. – vampi, clausena curry – (Rutaceae) é uma espécie arbórea semidecídua, nativa da Índia, Sudeste Asiático e Filipinas. É reconhecida na Austrália como planta daninha, comum na vegetação da Ilha Christmas (GREEN et al., 2004), e como invasora no Hawaii (SPACE & IMADA, 2004). No Brasil, sua regeneração foi relatada como predominante em uma floresta plantada (VIEIRA & GANDOLFI, 2006), indicando seu potencial invasor. Apresenta altura entre 6 e 9 m, com copa irregular e aberta. Suas flores são esbranquiçadas e pequenas, dispostas em panículas terminais de 20 a 30 cm de comprimento. Os frutos são drupas elipsóides brilhantes, rosados, com 7 a 10 mm de comprimento, com polpa suculenta e adocicada, que contem de 1 a 2 sementes (LORENZI et al., 2003) recalcitrantes. São conhecidas propriedades medicinais em suas folhas, casca e raízes (WU et al., 1998).

Este estudo teve como objetivos descrever a fenologia reprodutiva de *Clausena excavata* em uma floresta em processo de restauração e verificar se há relação entre os fatores climáticos (precipitação e temperatura) e as fenofases avaliadas, com o intuito de compreender melhor o sucesso de invasão da espécie nesta área e contribuir com informações relevantes para possíveis propostas para seu controle.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma floresta em restauração, no município de Itacemápolis, SP, Brasil (22°35' S 47°31' W). A floresta constitui um reflorestamento heterogêneo, no qual, em 1987, foram plantados aproximadamente 50 ha, distribuídos em uma faixa de 50 m ao redor da represa municipal. Nesta área foram plantadas 140 espécies arbustivo-arbóreas, entre exóticas e nativas regionais (RODRIGUES et al., 1992). Toda a área está circundada por monocultura de cana-de-açúcar. O clima da região é do tipo Cwa (tropical de altitude com inverno seco e verão úmido e quente), segundo a classificação de KÖPPEN (1948), e a precipitação total anual varia entre 1.100 e 1.700 mm (OLIVEIRA, 2004). Os dados climáticos (precipitação e temperatura média do ar) referem-se ao município, para o período de 1961-1991, e foram obtidos junto ao Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura (CEPAGRI/UNICAMP) (Figura 1C).

As fenofases de floração (flores abertas - antese) e frutificação (subdividida em frutos verdes e frutos maduros, por mudança nítida de coloração) foram observadas em 139 indivíduos, previamente numerados, que correspondem a todos aqueles com CAP (circunferência a 1,30 m do solo) maior ou igual a 10 cm amostrados no estudo de estrutura da população de *Clausena excavata* Burm. f. (Capítulo 3). A altura média dos indivíduos foi de $7,14 \pm 0,15$ m (erro padrão) e o CAP de $13,55 \pm 0,33$ cm.

De junho de 2007 a maio de 2008, foram realizadas observações mensais das fenofases reprodutivas em todos os indivíduos.

A intensidade dos eventos fenológicos foi estimada individualmente, a cada mês, de acordo com o método de FOURNIER (1974), por meio de uma escala intervalar (semi-quantitativa) variando de zero a quatro, com amplitude de 25% entre os intervalos. Dada a intensidade de cada fenofase, foi calculada a porcentagem de

Fournier da seguinte maneira, $\% Fournier = \left(\frac{\sum_{i=1}^n Fi}{4 \cdot n} \right) \cdot 100$, onde n : número de indivíduos observados, Fi : Índice de Fournier registrado para o indivíduo i .

Para cada mês foram calculadas as porcentagens de indivíduos com flores abertas, frutos verdes e maduros, através dos dados de presença ou ausência da fenofase.

Para estimar a sincronia dos indivíduos da população, foram utilizados os percentuais de indivíduos em determinada fenofase, de acordo com BENCKE & MORELLATO (2002). Assim, considerando evento fenológico assincrônico quando menos de 20% dos indivíduos manifestam a fenofase, pouco sincrônico ou sincronia baixa quando entre 20 e 60% dos indivíduos manifestam a fenofase e sincronia alta quando mais de 60% a manifestam.

Foram realizadas análises de correlação de Spearman entre os fatores abióticos (precipitação e temperatura médias mensais) e as fenofases reprodutivas, de acordo com ZAR (1999).

Para verificar se a posição no estrato vertical da floresta influenciava a duração e a intensidade das fenofases, os indivíduos foram separados em dois grupos: pertencentes ao dossel, sem sombreamento da copa, e pertencentes ao sub-dossel, com a copa sombreada por outras plantas. Para avaliar o efeito da posição dos indivíduos na duração e intensidade de cada fenofase, foram realizados Testes t para comparação dos valores médios apresentados pelos dois grupos, de acordo com ZAR (1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A floração de *Clausena excavata* teve duração de 11 meses e somente no mês de julho nenhum dos indivíduos amostrados encontrava-se com flores (Figura 1A). A floração ocorreu com maior intensidade nos meses de setembro e outubro (Figura 1B), durante o final da estação seca e início da estação chuvosa, coincidindo com o período em que a maioria dos indivíduos floresceu (63% e 80% em cada um destes meses, respectivamente).

Os coeficientes de correlação de Spearman entre a intensidade e porcentagem de indivíduos em floração e os fatores climáticos (pluviosidade e temperatura médias mensais) não foram significativos ($p > 0,05$) (Tabela 1).

O florescimento mais intenso na época de transição da estação seca para a úmida, apresentado por *C. excavata*, também foi observado por alguns autores (FERRAZ et al., 1999; SANTOS & TAKAKI, 2005), parecendo ser um padrão das Florestas Estacionais Semidecíduais do sudeste do Brasil (MORELLATO, 1992), região na qual está inserida a área de estudo.

Para as espécies é vantajoso apresentar um pico de floração antes do período de chuvas mais intensas, já que as chuvas fortes podem danificar suas flores e assim prejudicar sua reprodução (JACKSON, 1978). MANTOVANI & MARTINS (1988) também ressaltaram que o período de floração deve ser uma adaptação da espécie à dispersão de seus diásporos.

A frutificação da espécie se deu por um período longo, porém apresentou sazonalidade na estação úmida. Neste período, a frutificação ocorreu com maior intensidade e aproximadamente 80% dos indivíduos encontrava-se com frutos (Figura 1).

A maior disponibilidade de frutos maduros ocorreu nos meses de dezembro e janeiro, época em que se observam os maiores índices pluviométricos e temperaturas (Figura 1).

A análise de correlação de Spearman mostrou que existe uma relação positiva e significativa entre a intensidade e porcentagem de indivíduos com frutos verdes e a precipitação média mensal e entre a intensidade e porcentagem de indivíduos com frutos maduros e precipitação e temperatura médias mensais (Tabela 1). Isso reforça a sazonalidade da frutificação de *C. excavata* no período chuvoso e a maturação dos frutos com o aumento da temperatura.

As plantas tropicais na maioria das vezes apresentam padrões fenológicos temporais (KINNAIRD, 1992) que estão associados com estações úmidas e secas bem definidas (RATHCKE & LACEY, 1985). MORELLATO & LEITÃO-FILHO (1990) observaram que as espécies da Floresta Estacional Semidecidual (SP) que possuem frutos carnosos geralmente frutificam na estação úmida. Para as espécies zoocóricas, esta época seria a mais propícia para o desenvolvimento dos frutos, para a dispersão de sementes e estabelecimento das plântulas (MORELLATO & LEITÃO-FILHO, 1996, PENHALBER & MANTOVANI, 1997). Por outro lado, este também seria o período em que a probabilidade de ataques por fungos aos frutos e às sementes aumentaria, comprometendo assim o sucesso reprodutivo das plantas (VAN SCHAIK, 1986). No entanto, é possível que as espécies exóticas estejam livres destes patógenos nos locais por elas ocupados (GUREVITCH et al., 2006).

Em comunidades de plantas tropicais, a precipitação parece ser o fator determinante na diversidade e estabelecimento dos ritmos reprodutivos. Além disso, com o aumento da pluviosidade, o número de espécies zoocóricas é proporcionalmente aumentado (GENTRY, 1983 apud MIKICH & SILVA, 2001).

Segundo FRANKIE et al. (1974), algumas plantas amadurecem seus frutos no final da estação seca e início da chuvosa para reduzir a mortalidade das plântulas. No caso de espécies com sementes recalcitrantes, como é o caso de *C. excavata*, isso seria ainda mais vantajoso para a germinação de suas sementes e estabelecimento de suas plântulas.

Para as espécies recalcitrantes, a prevenção da desidratação das sementes pode ter um efeito seletivo, levando à sincronização da maturação e dispersão de diásporos carnosos junto ao período chuvoso (FIGUEIREDO, 2008). ALENCAR (1994) ressalta que a disponibilidade de água parece ser uma necessidade para a ocorrência da frutificação em espécies de Sapotaceae, por causa de seus frutos carnosos. *Inga sessilis* (Vell.) Mart., outra espécie recalcitrante (MENDES-RODRIGUES et al., 2007), também frutifica na época chuvosa, entre dezembro e fevereiro (MANTOVANI et al., 2003).

A ausência de chuva após a dispersão de uma semente recalcitrante pode evitar o processo de germinação e resultar na conseqüente morte da semente (BASKIN & BASKIN, 1998). Isso ocorre porque as sementes recalcitrantes são liberadas da planta-mãe com elevado teor de água e quando este é reduzido a um nível considerado crítico, geralmente elevado e variável com a espécie, ocorre a

perda rápida da viabilidade (ROBERTS, 1973; BEWLEY & BLACK, 1994). CHIN (1989) sugere que estas sementes sejam mais comuns em florestas tropicais do que em outras formações vegetais.

De acordo com a classificação proposta por BENCKE & MORELLATO (2002), *C. excavata* apresentou alto sincronismo em todas as fenofases observadas, com quase 80% dos indivíduos manifestando-se. A alta porcentagem de Fournier de frutos maduros em relação aos frutos verdes e flores sugere que o processo reprodutivo de *C. excavata* nesta floresta plantada não está sendo limitado pelos fatores bióticos e abióticos ali presentes.

Outra evidência disto é que não houve diferença significativa ($p>0,05$) da duração e intensidade de cada fenofase entre os indivíduos com maior (27% dos indivíduos) ou menor disponibilidade de luz (73%), conforme posicionamento no estrato vertical da floresta.

Uma vez estabelecidas, as espécies exóticas podem aumentar suas populações e ampliar sua distribuição com o tempo, por consequência de suas habilidades competitivas, rápida propagação (D'ANTONIO & VITOUSEK, 1992) e eficiência reprodutiva (ZILLER, 2001).

Aliada à eficiência reprodutiva está a questão das espécies exóticas invasoras ocuparem ambientes livres de seus inimigos naturais, os quais controlariam suas populações. Sem o controle exercido pelos herbívoros e patógenos e investindo em estruturas reprodutivas, estas espécies acabam atingindo uma maior sobrevivência nas áreas invadidas. Conseqüentemente, uma quantidade comparativamente maior de propágulos produzidos pelas espécies invasoras poderia sobreviver em relação àqueles produzidos por espécies nativas, já que estes continuariam sob controle de seus inimigos naturais (KEANE & CRAWLEY, 2002).

4 CONCLUSÕES

Clausena excavata Burm. f., na área estudada, floresce por quase todo o ano, mas com maior intensidade na época de transição da estação seca para a úmida.

A frutificação da espécie ocorre, na área estudada, por um longo período, porém é intensificada na estação úmida. A existência de correlação reforça a sazonalidade da frutificação da espécie no período chuvoso e a maturação dos frutos com o aumento da temperatura.

Clausena excavata apresenta alto sincronismo na floração e frutificação.

A duração e a intensidade de cada uma das fenofases reprodutivas não diferem entre os indivíduos de *Clausena excavata* localizados no dossel e no sub-dossel.

5 REFERÊNCIAS

- ALENCAR, J.daC. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de Sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. **Acta Amazônica**, v.24, p.161-182, 1994.
- ARROYO, M.T.K.; ARMESTO, J.J.; VILLAGRÁN, C. Plant phenological patterns in the high Andean cordillera of central Chile. **Journal of Ecology**, v.69, p.205-223, 1981.
- BASKIN, C.C.; BASKIN J.M. **Seeds**: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press, 1998. 666p.
- BENCKE, C.S.C.; MORELLATO, L.P.C. Estudo comparativo da fenologia de nove espécies arbóreas em três tipos de floresta atlântica no sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.237-248, 2002.
- BEWLEY, J.D.; BLACK, M. **Seeds**: physiology of development and germination. New York: Plenum Press, 1994. 445p.
- BORCHERT, R. Phenology and control of flowering in tropical trees. **Biotropica**, v.15, p.81-89, 1993.
- CHIN, H.F. **Recalcitrant seeds**. Malaysia: University Pertanian Malaysia, 1989. 17p.
- D'ANTONIO, C.M.; VITOUSEK, P.M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle and global change. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.23, p.63-87, 1992.
- FENG, Y.; WANG, J.; SANG, W. Biomass allocation, morphology and photosynthesis of invasive and noninvasive exotic species grown at four irradiance levels. **Acta Oecologica**, v.31, p.40-47, 2007.
- FERRAZ, D.K.; ARTES, R.; MANTOVANI, W.; MAGALHÃES, L.M. Fenologia de árvores em fragmento de mata em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 59, p.305-317, 1999.
- FIGUEIREDO, P.S. Fenologia e estratégias reprodutivas das espécies arbóreas em uma área marginal de cerrado, na transição para o semi-árido no nordeste do Maranhão, Brasil. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v.2, p.8-21, 2008.
- FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para La medición de características fenológicas em árboles. **Turrialba**, v.24, p.422-423, 1974.

- FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G.; OPLER, P.A.. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. **Journal of Ecology**, v.62, p.881-913, 1974.
- GREEN, P.T.; LAKE, P.S.; O'DOWD, D.J. Resistance of island rainforest to invasion by alien plants: influence of microhabitat and herbivory on seedling performance. **Biological Invasions**, v.6, p.1-9, 2004.
- GUREVITCH, J.; SCHEINER, S.M.; FOX, G.A. **The ecology of plants**. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., 2006. 574p.
- JACKSON, J.F. Seasonality of flowering and leaf fall in a Brazilian subtropical lower montane moist forest. **Biotropica**, v.10, p.38-42, 1978.
- JANZEN, D.H. Seedling patterns of tropical trees. In: TOMMILINSON, P.B.; ZIMMERMANN, M.H. (Ed.). **Tropical trees as living systems**. Cambridge: Cambridge University, 1976. p.88-128.
- KEANE, R.M.; CRAWLEY, M.J. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. **Trends in Ecology and Evolution**, v.17, p.164-170, 2002.
- KINNAIRD, M.F. Phenology of flowering and fruiting of an East African riverine forest ecosystem. **Biotropica**, v.24, p.187-194, 1992.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- LORENZI, H.; SOUZA, H.M.; TORRES, M.A.V.; BACHER, L.B. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa: Plantarum, 2003.
- MANTOVANI, W.; MARTINS, F.R. Variações fenológicas das espécies do cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guaçu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 11, p.101-112, 1988.
- MANTOVANI, M.; RUSCHEL, A.R.; REIS, M.S.; PUCHALSKI, A. NODARI, R.O. Fenologia reprodutiva de espécies arbóreas em uma formação secundária da floresta Atlântica. **Revista Árvore**, v.27, p.451-458, 2003.
- MARIOT, A.; MANTOVANI, A.; REIS, M.S. Uso e conservação de *Piper cernuum* Vell. (Piperaceae) na Mata Atlântica: I. Fenologia reprodutiva e dispersão de sementes. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.5, p.1-10, 2003.
- MARQUES, M.C.M.; ROPER, J.J.; SALVALAGGIO, A.P.B. Phenological patterns among plant life-forms in a subtropical forest in southern Brazil. **Plant Ecology**, v.173, p.203-213, 2004.

- MENDES-RODRIGUES, C.; FERREIRA, W.R.; LIMA, J.A.de; DORNELLES, M.C.; RANAL, M.; SANTANA, D.G.de. Germinação de embriões de duas espécies de *Inga* (Mimosaceae). **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.561-563, 2007.
- MIKICH, S.B.; SILVA, S.M. Composição florística e fenologia das espécies zoocóricas de remanescentes de floresta estacional semidecidual no centro-oeste do Paraná, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.15, p.89-113, 2001.
- MORELLATO, L.P.C. Sazonalidade e dinâmica de ecossistemas florestais na Serra do Japi. In: MORELLATO, L.P.C. (Org.). **História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil**. Campinas: Editora da Unicamp/Fapesp, 1992. p.98-110.
- MORELLATO, L.P.C. As estações do ano na floresta. In: LEITÃO-FILHO, H.F.; MORELLATO, L.P.C. (Org.). **Ecologia e preservação de uma floresta tropical urbana: Reserva de Santa Genebra**. Campinas: UNICAMP, 1995. p.187-192.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta mesófila na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v.50, p.163-173, 1990.
- MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F. Reproductive phenology of climbers in a Southeastern Brazilian forest. **Biotropica**, v.28, p.180-191, 1996.
- OLIVEIRA, A. M. M. de. Aplicação de geotecnologias e de modelo EUPS como subsídio ao planejamento do uso da terra: estudo de caso no alto curso da microbacia hidrográfica do Ribeirão cachoeirinha, Iracemápolis, SP. Rio Claro, 2004. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista.
- OPLER, P.A.; FRANKIE, G.W.; BAKER, H.G. Rainfall as a factor in the release, timing and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **Journal of Biogeography**, v.3, p.231-236, 1976.
- PATTISON, R.R.; GOLDSTEIN, G.; ARES, A. Growth, biomass allocation and photosynthesis of invasive and native Hawaiian rainforest species. **Oecologia**, v.117, p.449-459, 1998.
- PENHALBER, E.deF.; MANTOVANI, W. Floração e chuva de sementes em mata secundária em São Paulo, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v.20, p.205-220, 1997.
- RATHCKE, B.; LACEY, E.P. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.16, p.179-214, 1985.

- RECASENS, J.; CALVET, V.; CIRUJEDA, A.; CONESA, J.A. Phenological and demographic behaviour of an exotic invasive weed in agroecosystems. **Biological Invasions**, v.7, p.17-27, 2005.
- ROBERTS, E.H. Predicting the storage life of seed. **Seed Science and Technology**, v.1, p.499-514, 1973.
- RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F.; CRESTANA, M.S.M. Revegetação do entorno da represa de abastecimento de água do município de Iracemápolis/SP. In: Anais do Simpósio Nacional de Recuperação de áreas Degradadas. Curitiba: Fupef, p.406-414, 1992.
- SANTOS, D.L.; TAKAKI, M. Fenologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) na região rural de Itirapina, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v.19, p.625-632, 2005.
- SPACE, J.C.; IMADA, C.T. 2004. Report to the Republic of Kiribati on invasive plant species on the islands of Tarawa, Abemama, Butaritari and Maiana. Honolulu, U.S.D.A. Forest Service/Bishop Museum. Disponível em: www.bishopmuseum.org/research/pbs/pdf/kiribati.pdf. Acesso em 22 de agosto de 2007.
- VAN SCHAİK, C.P. Phenological changes in a Sumatran rain forest. **Journal of Tropical Ecology**, v.2, p.327-347, 1986.
- VAN SCHAİK, C.P.; TERBORGH, J.W.; WRIGHT, S.J. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v.24, p.353-377, 1993.
- VIEIRA, D.C. M. & GANDOLFI, S. Chuva de sementes e regeneração natural sob três espécies arbóreas em uma floresta em processo de restauração. **Revista Brasileira de Botânica**, v.29, p.541-554, 2006.
- WRIGHT, S.J.; VAN SCHAİK, C.P. Light and the phenology of tropical trees. **American Naturalist**, v.143, p.192-199, 1994.
- WU, T-S., HUANG, S-C.; WU, P-L. Lactonic carbazole alkaloids from the root bark of *Clausena excavata*. **Chemical and Pharmaceutical Bulletin**, v.46, p.1459-1461, 1998.
- ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 1999. 929p.
- ZILLER, S.R. Plantas exóticas invasoras: a ameaça da contaminação biológica. **Ciência Hoje**, v.30, p.77-79, 2001.

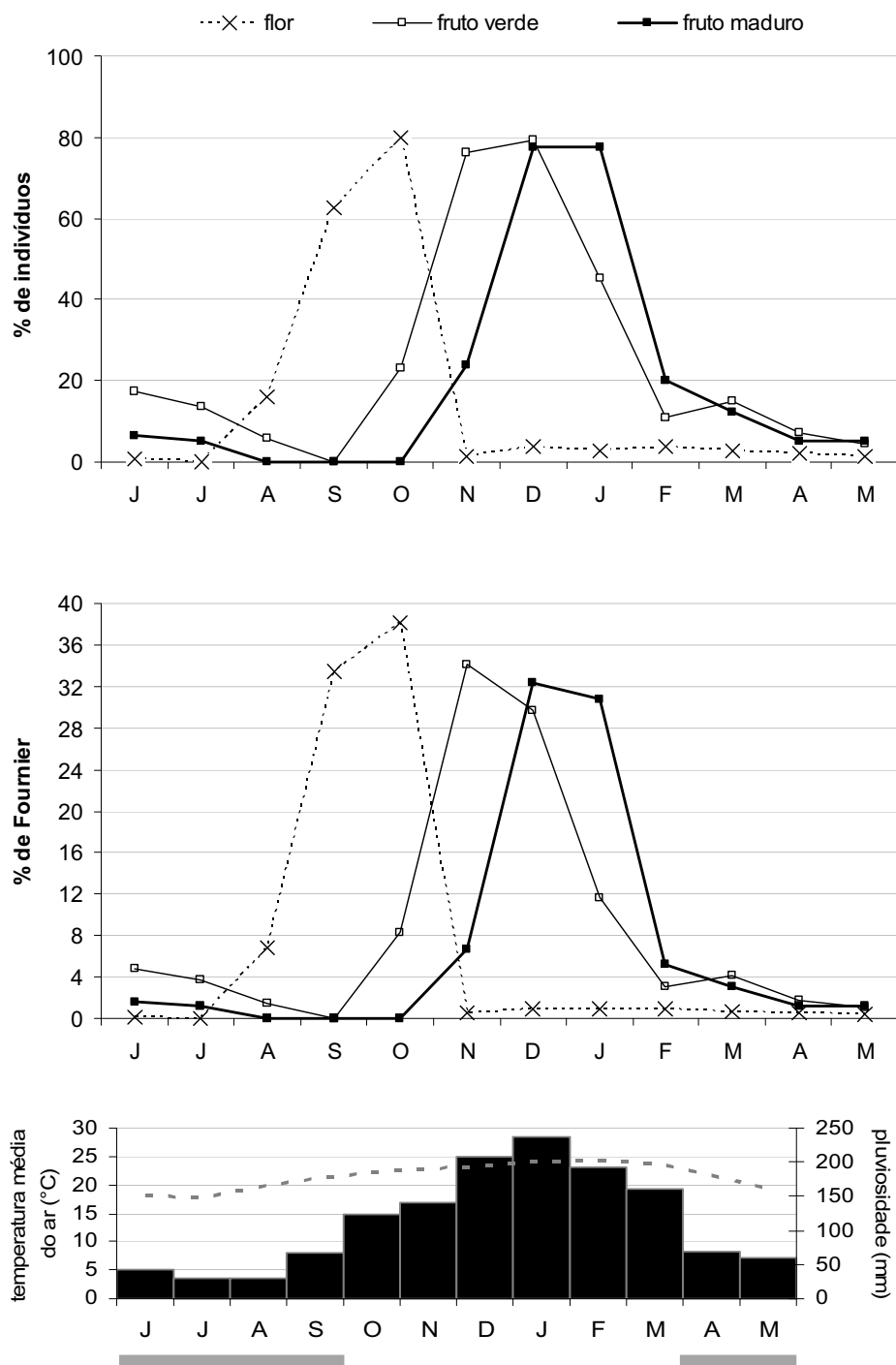


Figura 1 - Porcentagem de indivíduos (A) e percentual de intensidade de Fournier (B) de *Clausena excavata* Burm.f (n=139) em floração e frutificação ao longo do período estudado (junho/2007 a maio/2008). C. Dados climáticos do município de Iracemápolis (SP) para o período de 1961 a 1991. As barras sob o gráfico indicam o período seco (pluviosidade mensal <100 mm) (Fonte: <http://www.cpa.unicamp.br/>, dados adaptados).

Tabela 1 – Valores significativos do coeficiente de correlação de Spearman (r_s) entre os fatores climáticos (precipitação média mensal e temperatura média mensal) e as fenofases observadas em *Clausena excavata* Burm. f.

	Precipitação média mensal	Temperatura média mensal
<i>% de Fournier</i>		
flor	-	-
fruto verde	0,59 ($P<0,05$)	-
fruto maduro	0,75 ($P<0,01$)	0,62 ($P<0,05$)
<i>% de indivíduos</i>		
flor	-	-
fruto verde	0,59 ($P<0,05$)	-
fruto maduro	0,75 ($P<0,01$)	0,62 ($P<0,05$)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato da germinação das sementes, do recrutamento e desenvolvimento das plântulas de *Clausena excavata* Burm. f. acontecer independente da presença de luz mostra que esta espécie tem grande potencial de invasão tanto em áreas abertas, com alta disponibilidade de luz, quanto em ambientes sombreados, como o sub-bosque florestal. A plasticidade fenotípica apresentada por *C. excavata* é uma característica vantajosa no contexto da competição e ocupação de ambientes.

Embora a luz não limite sua ocorrência, devido à recalcitrância de suas sementes e à sincronia da frutificação, reveladas neste estudo, a distribuição da espécie deva se restringir a áreas com períodos quentes e úmidos, assim como a área estudada e as demais áreas onde sua ocorrência é conhecida.

A introdução de espécies exóticas deve ser conduzida com bastante cautela. O pouco conhecimento sobre as características destas espécies e do potencial delas como invasoras têm contribuído para o aumento das invasões biológicas.