

LUZIA MÁRCIA DE ARAÚJO

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES RARAS E AMEAÇADAS DE
EXTINÇÃO DE *Dorstenia* L. (MORACEAE)**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em Botânica,
para obtenção do título de
Doctor Scientiae

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2008**

LUZIA MÁRCIA DE ARAÚJO

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE ESPÉCIES RARAS E AMEAÇADAS DE
EXTINÇÃO DE *Dorstenia* L. (MORACEAE)**

Tese apresentada à
Universidade Federal de
Viçosa, como parte das
exigências do Programa de
Pós-Graduação em Botânica,
para obtenção do título de
Doctor Scientiae

APROVADA: 27 de junho de 2008.

Prof. Geraldo Wilson Afonso Fernandes
(Co-orientador)

Prof. Paulo Sérgio Fiúza Ferreira
(Co-orientador)

Prof. Wagner Campos Otoni

Prof^a. Rita Maria de Carvalho Okano

Prof^a. Milene Faria Vieira
(Orientadora)

Como Henry Thoreau bem escreveu nos idos de 1846,
eu também procuro a “familiaridade com a natureza”:
conhecer seus “estados de espírito e maneiras de ser”.

Essa busca foi e tem sido possível graças ao muito querido casal Pedron,
Marco Aurélio e Sandra, cuja generosidade tornou um pouco mais suave
essa etapa da minha vida (e outras também). Essa tese é dedicada a
vocês.

.... E a você, caro leitor....

AGRADECIMENTOS

“É tipicamente humano buscar a totalidade e a riqueza das experiências da vida”

Pelas experiências obtidas ao longo destes quatro anos em Viçosa, agradeço:

Ao curso de pós-graduação em Botânica do Departamento de Biologia Vegetal (DBV), na pessoa do seu coordenador, o professor Wagner C. Otoni, e à Universidade Federal de Viçosa (UFV) pelo apoio logístico ao projeto.

Ao núcleo de Microscopia Eletrônica de Varredura da UFV, e em especial a Dra. Claudia A. Vanetti pela atenciosa colaboração.

Aos professores e funcionários do departamento de Biologia Geral da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

À prof^a. Milene Faria Vieira pela orientação, ensinamentos, paciência e muita alegria.

À prof^a. Simone Teixeira de Pádua por disponibilizar seu laboratório e seu tempo.

Ao professor Geraldo Wilson Fernandes pelo incondicional apoio a este trabalho.

A todos os professores do DBV e ao laboratório de Anatomia (que apelidei carinhosamente de “coração da Botânica”).

A prof^a. Silvana L. Ribeiro Garcia pela orientação nas análises estatísticas.

Ao prof. Paulo Sérgio Fiúza, pelas sugestões e também pela identificação dos insetos.

Ao professor Pedro Jorge Carauta pela identificação das Dorstenias e por me receber em sua casa para uma “prosa” acompanhada de preciosos ensinamentos e sugestões.

Aos funcionários do DBV cuja simpatia tornava a convivência realmente deliciosa.

Ao carinhoso Reinaldo, pelas ilustrações. Ao Celso, cuja ajuda no campo e na casa de vegetação foi fundamental. Ao Ângelo, pelo trabalho eficiente na secretaria e pelos “socorros” extras. Vocês se tornaram queridos amigos!

Aos colegas que partilharam as vivências boas e as nem tanto: a querida Mariana que enfrentou o “dia a dia” no campo, no laboratório e até nas longas viagens a congressos, e sempre com alegria! A Gracineide e seus deliciosos “carurus” que reuniam alunos e professores em torno do fogão a lenha para exercitarmos a “arte de conviver” e a Valkiria, pela ajuda com alguns trabalhos científicos difíceis de conseguir.

À turma das “Asteráceas”, Joseane, Kelen (Keka), Rubia e Sileimar, obrigada por tudo!

À Etelvina e Márcia, que tanto ajudaram cuidando da Rebeca e Godofredo. Valeu!
Aos alunos da iniciação científica, Alice, Diego e Fernanda que, espero, tenham aprendido a amar as dorstenias. “Quem ama protege”!

À querida amiga Elaine, um verdadeiro anjo da guarda na minha vida e a sua família linda!

A alguns casais amigos, que surgiram na “hora certa” e muito me ensinaram sobre a alegria de conviver: aos Cantarutti, professor Reinaldo e Belizane, que tão carinhosamente me “adotaram” para deliciosos almoços e cafezinhos; Belizane, obrigado por também cuidar do “sorriso”, viu?

Aos Garcia, professores Hélio e Silvana (e suas lindas filhinhas, Rebeca e Letícia).
Aos professores Rodrigo e Simone que me acolheram em Ribeirão Preto e compartilharam “pão e vinho”, muita prosa e um simpático quarteto de amigos. Vocês me ensinaram muito! Rodrigo, obrigado pelas valiosas sugestões!

A Celice e Raimundo e sua carinhosa acolhida. Agradeço a “Ce” por me apresentar a professora Milene e dar início esta grande “aventura”.

Aos amigos Marinês e Felipe pelos deliciosos momentos de troca de conhecimento (ao contrário da música, “o deserto que atravesssei vocês me viram passar”. Vocês, e também a Flora, o Noé, o Roque, o Trovão, a Dorinha e cia...).

Aos guerreiros, Carlos Magno e Bernadete sempre apoiando e compartilhando generosamente suas experiências. Agradeço aos céus por vocês existirem e me presentear com cinco queridos “afilhados” (Felipe, Lucas, Matheus, João e Anna Flora). Vocês são abençoados!

Bernadete, desde janeiro que me voltei para as estrelas, viu?

Com um carinho especial, agradeço ao calado e paciente Saldanha (o Sal da minha vida!), e ao casal Thompson: Marina (Gucha) e Mayerson pelos momentos de paz e alegria.

Aos queridos sobrinhos, Denise e Tomás, Flávia, Ronaldo e Luciana: vocês representam uma fonte de energia e vitalidade. Valeu por tudo!

Por último, mas não menos importante ao meu pai Lázaro (saúde...) e minha mãe, Flora, que mesmo sem entenderem, sempre confiaram!

“Que Deus abençoe a todos e nos dê capacidade de conviver especialmente com outros seres vivos e com a natureza em sua totalidade”.

CONTEÚDO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
Introdução geral	01
Capítulo 1. Morfologia e biologia dos cenantos e flores de <i>Dorstenia arifolia</i> Lamarck e <i>D. bonijesu</i> Carauta & Valente (Dorstenieae: Moraceae)	11
Resumo	12
Introdução	13
Material e métodos	14
Espécies estudadas	14
Caracterização morfo-anatômica dos cenantos e das flores e expressão sexual dos cenantos	15
Dinâmica de abertura das flores no cenanto e biologia do cenanto e flores	16
Resultados	17
Morfo-anatomia dos cenantos e das flores.	17
Expressão sexual e dinâmica de abertura das flores no cenanto	23
Biologia dos cenantos e das flores	24
Associação entre as alterações morfológicas dos cenantos e as funções reprodutivas	25
Discussão	27
Bibliografia	30
Capítulo 2. Estrutura populacional e distribuição espacial de espécies de <i>Dorstenia</i> (Moraceae) na Zona da Mata de Minas Gerais	33
Resumo	34
Introdução	35
Material e métodos	37
Espécies estudadas	37
Áreas de estudo	37
Padrão de distribuição	39
Resultados	40
Discussão	42
Bibliografia	46
Capítulo 3. Fenologia de <i>Dorstenia arifolia</i> e <i>D. bonijesu</i> (Moraceae), espécies endêmicas da Floresta Atlântica	49
Resumo	50
Introdução	51
Material e métodos	52
Áreas de estudo	52
Espécies estudadas	53
Metodologia	53

Resultados	55
Discussão	58
Bibliografia	60
Capítulo 4. Sistema reprodutivo de <i>Dorstenia arifolia</i> Lamarck e <i>D. bonijesu</i> Carauta & Valente (Moraceae), espécies endêmicas da Floresta Atlântica: implicações para conservação	63
Resumo	64
Introdução	65
Material e métodos	66
Áreas e espécies estudadas	66
Casa de vegetação	67
População natural	68
Resultados	69
Casa de vegetação	69
População natural	71
Discussão	74
Implicações para a conservação	79
Bibliografia	80
Capítulo 5. Mecanismo de polinização em <i>Dorstenia arifolia</i> Lamarck (Moraceae), espécie vulnerável em área remanescente de Floresta Atlântica	84
Resumo	85
Introdução	86
Material e métodos	87
Áreas de trabalho	87
Espécie estudada	87
Coleta de insetos com armadilha	87
Observações sobre o comportamento de visita	88
Experimentos de exclusão	88
Resultados	89
Coleta de insetos com armadilha	89
Observações sobre o comportamento de visita	90
Experimentos de exclusão	93
Discussão	93
Considerações finais	96
Bibliografia	97

RESUMO

ARAÚJO, Luzia Márcia D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2008.
Biologia reprodutiva de espécies raras e ameaçadas de extinção de *Dorstenia* (Dorstenieae: Moraceae). Orientadora: Milene Faria Vieira. Co-orientadores: Paulo Sérgio Fiúza Ferreira, Geraldo Wilson Afonso Fernandes e Simone de Pádua Teixeira.

Dorstenia (Moraceae) inclui representantes herbáceos que habitam os sub-bosques de diversos biomas brasileiros, como a Floresta Atlântica, principal área de distribuição. A maioria das espécies apresenta distribuição restrita e são consideradas raras. Inúmeras estão ameaçadas de extinção devido à perda de seus habitats. No período de 2004 a 2007, foi estudada a biologia reprodutiva de duas espécies na Zona da Mata mineira: *Dorstenia arifolia* Lamarck, espécie vulnerável, mas em risco de extinção local, e *Dorstenia bonijesu* Carauta & Valente, espécie rara e ameaçada. Estudaram-se a morfologia e biologia dos cenantos e das flores (Capítulo 1), a distribuição espacial (Capítulo 2), a fenologia (Capítulo 3) e o sistema reprodutivo (Capítulo 4) das duas espécies. Estudou-se o mecanismo de polinização de *D. arifolia* (Capítulo 5). As espécies não apresentaram variações morfológicas nos tecidos que compõem a inflorescência (ou cenanto). *D. arifolia* apresentou dois tipos de cenantos, inéditos em espécies de *Dorstenia*: cenantos bissexuais, com flores pistiladas e estaminadas, e unissexuais, com flores estaminadas. *D. bonijesu* apresentou cenantos bissexuais. As flores foram similares; as pistiladas são sésseis e ficam imersas em alvéolos profundos e as estaminadas possuem dois estames e ficam imersas em alvéolos rasos. As duas espécies são protogínicas, mas pode ocorrer sobreposição das fases feminina e masculina. A abertura das flores é centrífuga com período de receptividade de duas semanas; a viabilidade polínica é alta (>80%). As variações morfológicas observadas nos cenantos das espécies estudadas estão relacionadas à dispersão (pólen e diásporos). A dispersão dos diásporos é autocórica. *D. bonijesu* apresentou dispersão hidrocorica, inédita para o gênero. As espécies apresentaram padrão de distribuição agregado; índices de Morisita ($I_d > 1$) e Morisita padronizado ($I_p = 0,5$). *D. arifolia* produziu, continuamente, folhas e cenantos com apenas flores; não houve correlação significativa destas fenofases com a pluviosidade e a temperatura. Devido à ação antrópica, ocorreram alterações na sua fenologia. *D. bonijesu* apresentou um único padrão fenológico: a espécie perdeu as folhas na estação seca e fria; a emissão foliar e de cenantos apresentaram correlações significativas com a pluviosidade e temperatura. A frutificação, nas duas espécies, ocorreu na estação chuvosa e apresentou

correlação positiva com os fatores abióticos. Os dados apontaram altos valores para a sincronia de floração entre os indivíduos e entre as populações de *D. arifolia* e *D. bonijesu*. Estas espécies apresentam similaridades de hábito (são herbáceas), de hábitat (sub-bosque sombreado e úmido) e de distúrbios (fragmentação do seu hábitat). Considerou-se a hipótese de que estas espécies poderiam apresentar estratégias reprodutivas também similares. Entretanto, foram diferenciadas: *D. arifolia* é sexuada e produz clones (unidades modulares) e *D. bonijesu* produz sementes não fecundadas (apomixia ou agamospermia) e não produz clones. Este trabalho reportou a miofilia (polinização por moscas) em *Dorstenia arifolia*. Foram encontradas duas espécies polinizadoras, uma delas pertencente à família Lauxaniidae (Diptera). A polinização foi passiva e os recursos utilizados foram, principalmente, o pólen e os cenantos, como local de oviposição. A mosca, morfo-espécie 2, ovipõe nas flores pistiladas e suas larvas parasitam os óvulos. A mosca morfo-espécie 1 (Lauxaniidae: Diptera) ovipõe nos cenantos e suas larvas se alimentam dos tecidos do cenanto. Este é o primeiro relato comprovado de fitofagia de larvas de Lauxaniidae. Apesar das similaridades de hábitat e hábito, as respostas aos riscos relacionados à permanência das populações de *D. arifolia* e *D. bonijesu* são particulares para cada espécie, em decorrência das especificidades da biologia reprodutiva. Projetos para a conservação de espécies raras deverão considerar essas particularidades. Além disso, múltiplos aspectos da biologia da população das plantas (e dos polinizadores, quando for o caso) devem ser levados em conta para garantir o fluxo gênico e a sobrevivência das espécies nos remanescentes.

ABSTRACT

ARAÚJO, Luzia Márcia; D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2008.
Reproductive biology of rare and threatened of extinction species of *Dorstenia* L. (Moraceae). Adviser: Milene Faria Vieira. Co-advisers: Paulo Sérgio Fiúza Ferreira, Geraldo Wilson A. Fernandes and Simone de Pádua Teixeira.

Dorstenia (Dorstenieae: Moraceae) includes herbaceous representatives from sub-forests of various Brazilian biomes, like Atlantic Forest, the main distribution area. Most species showed restricted distribution and constitute small populations being considered rare. Many of them are threatened of extinction due to the loss of their habitats. In the period from 2004 to 2007, in Zona da Mata, Minas Gerais, the reproductive biology of two species was studied: *Dorstenia arifolia* Lamarck, a vulnerable species, in danger of local extinction, and *Dorstenia bonijesu* Carauta & Valente, a rare and threatened of extinction specie. It was studied the morphology and biology of inflorescences (called “cenantos”) and flowers (Chapter 1), the distribution (Chapter 2), the phenology (Chapter 3) and the reproductive system (Chapter 4) of these two species. Moreover, it was studied the pollination mechanism of *D. arifolia* (Chapter 5). The species did not show any morphological variation in the inflorescence tissues. *D. arifolia* showed two types of cenantos (inflorescences), unprecedented in species of *Dorstenia*: bisexual cenantos, with pistillate and staminate flowers, and unisexual with staminate flowers. *D. bonijesu* showed bisexual cenantos. The flowers were similar; the pistillate ones stay immersed in deep cavities and the staminate ones, have two stamens, and stay immersed in shallow cavities. Both species are protoginics, but an overlapping of female and male phases can occur. Flowers opening is centrifuge with a long receptivity period (two weeks) and the pollinic viability is high (> 80%). The morphological variations observed in cenantos of these two species are related to the dispersion type (pollen and seeds). The dispersion of seeds is autochorous (autochory). *D. bonijesu* showed hydrochory dispersion, unprecedented for this genus. The species showed an aggregated distribution pattern, confirmed by Morisita’s dispersion index (Id) and standardized Morisita index (Ip). *D. arifolia* produced, continuously, leaves and cenantos with only flowers, there was no significant correlation between these phenophases with precipitation levels and temperature. Due to human action, changes occurred in their phenology. *D. bonijesu* showed a unique phenological pattern: the species lost leaves in the dry and cold season; the emission of leaves and cenantos have a significant correlation with precipitation levels and temperature.

The fruiting in both species occurred in the rainy season and showed a positive correlation with abiotic factors. The data showed high values for flowering synchrony between individuals and between populations of *D. arifolia* and *D. bonijesu*. These species showed similar habits (are herbaceous) and habitat (sub-woods shaded and wet) and troubles (fragmentation of their habitat). It was considered the hypothesis that these species could also have similar reproductive strategies. However, it was different: *D. arifolia* is sexual and produces clones (modular units) and *D. bonijesu* produces seeds without fertilization (Apomixis or agamospermy) and does not produce clones. This paper reported the pollination by flies in *Dorstenia arifolia* (Myophily). It was found two species of pollinators: one of them is from Lauxaniidae family (Diptera). The pollination was passive and the main resources used were the pollen and cenantos (as oviposition site). The fly, morph-specie 2, oviposits in pistillate flowers and its larvae parasitize the ovule. The fly morph-specie 1 (Lauxaniidae: Diptera) oviposits in the cenantos and its larvae feeds the cenanto tissues. This is the first proven report about phytophagy of Lauxaniidae larvae. Despite of the similar habitat and habits, the answers to the risks related to the permanence of the *D. arifolia* and *D. bonijesu* populations are specific to each specie, due to peculiarities related to reproductive biology. Projects for conservation of rare species should consider these peculiarities. Furthermore, many aspects of plants population biology (and pollinators, when applicable) must be taken into account to ensure gene flow and survival of the remaining species.

INTRODUÇÃO GERAL

Moraceae é composta por cinco tribos, Ficeae, Moreae, Artocarpeae, Castilleae e Dorstenieae, cerca de 53 gêneros e 1.500 espécies, bem distribuídas mundialmente (Rohwer 1993, Berg 2001, Judd et al. 2002). Em contraste com Urticaceae, uma família próxima (Systma et al. 2002), as moráceas são predominantemente arbóreas, ocorrendo poucos representantes de porte herbáceo, concentrados em *Dorstenia* (Dorstenieae) (Berg 2001, 2005). A família apresenta ampla variedade de inflorescências e síndromes de polinização (Berg 2001, Sakai 2001, Datwyler & Weiblen 2004, Zerega et al. 2005), além de monoícia, dioícia, ginodioícia (Rohwer 1993, Datwyler & Weiblen 2004) e androdioícia, considerado raro entre as angiospermas (Charlesworth 1984).

Ficeae é tribo monotípica e pantropical e possui cerca de 750 espécies de *Ficus*, o gênero mais rico dentre os representantes de Moraceae (Datwyler & Weiblen 2004). Suas espécies são monóicas ou ginodióicas e, nesse caso, funcionalmente dióicas (Kerdelhue & Rasplus 1996, Weiblen 2002). Artocarpeae é representada por 12 gêneros e 87 espécies monóicas ou dióicas (Berg 1988, 2001, Datwyler & Weiblen 2004). As tribos Castilleae e Dorstenieae possuem apenas oito gêneros cada, com espécies monóicas, dióicas ou androdioícas (Berg 1977, 2001, Datwyler & Weiblen 2004). Moreae possui oito gêneros com, aproximadamente, 70 espécies dióicas (Datwyler & Weiblen 2004). As poucas espécies monóicas de Moreae apresentam inflorescências bissexuais (Berg 2001, Datwyler & Weiblen 2004).

As relações filogenéticas entre as tribos de Moraceae vêm sendo pesquisadas mais intensamente a partir do fim do século XX (Weiblen 2002, Datwyler & Weiblen 2004, Zerega et al. 2005). Análises moleculares propõem quatro tribos monofiléticas, Dorstenieae, Castilleae, Artocarpeae, Ficeae, enquanto Moreae permanece parafilética (Datwyler & Weiblen 2004, Zerega et al. 2005). Toda a tribo Castilleae e alguns membros de Artocarpeae formam um grupo próximo de *Ficus*, enquanto parte dos representantes de Dorstenieae e Moreae apresentam espécies relacionadas. Essa proximidade se baseia, também, em características da biologia reprodutiva tais como a presença de espécies monóicas e inflorescências bissexuais em Dorstenieae e Moreae, e inflorescências unissexuais em Artocarpeae e Castilleae (Datwyler & Weiblen 2004). Apesar da importância da biologia reprodutiva como ferramenta para a elucidação das relações filogenéticas em Moraceae, não existem estudos nessa área com representantes de Dorstenieae e Moreae.

Os trabalhos desenvolvidos sobre a biologia reprodutiva de Moraceae concentram-se em representantes arbóreos, paleo e neotropicais, e indicam variações na especificidade entre as relações planta e polinizador (Sakai et al. 2000, Sakai 2001, Zerega et al. 2004). Na tribo Ficeae, o sistema de polinização é caracterizado por um mutualismo obrigatório com vespas Agaonidae (Janzen 1979, Baijnath & Ramcharun 1983, Corner 1985, Bronstein 1988, Berg 1990, Kerdelhue & Rasplus 1996, Neft & Compton 1996, Anstett et al. 1998, Sakai 2002). Esse sistema, altamente específico, tem sido utilizado em estudos co-evolutivos (Janzen 1979, Weiblen 2002, Harrison & Yamamura 2003), além dos filogenéticos (Maddison 1990, Herre et al. 1996, Datwyler & Weiblen 2004). Trabalhos desenvolvidos em representantes de Artocarpeae e Castilleae apontam para a polinização entomófila e discutem a possibilidade das inflorescências representarem um recurso para oviposição e desenvolvimento de larvas de polinizadores (Bawa et al. 1985, Sakai et al. 2000). Em *Castilla elastica* Sessé, espécies de *Thrips* (Thysanoptera) são os principais polinizadores (Sakai 2001) e a especificidade entre as plantas e o polinizador é baixa (Sakai 2002), enquanto que em *Artocarpus integer* (Thumb.) Merr. os fungos são importantes mediadores na polinização (Sakai et al. 2000) que é realizada por espécies de Diptera.

Em Moreae a polinização é presumivelmente efetuada pelo vento devido, dentre outras características, à liberação explosiva do pólen (Bawa et al. 1985, Berg 2001). Para os representantes de Dorstenieae caracterizados por inflorescências unissexuais, a polinização entomófila baseada na utilização das inflorescências como recurso, pode ser considerada como uma estratégia possível, segundo Berg (2001). Dentre representantes com inflorescências bissexuais, são sugeridas estratégias como a autogamia e a agamospermia (Berg 1990, 2001) e estudos são necessários com vistas ao esclarecimento das estratégias utilizadas na polinização.

A tribo Dorstenieae é definida por inflorescências discóides ou globosas, uni ou bissexuais, com flores mergulhadas no receptáculo (Carauta 1978, Berg 2001, Datwyler & Weiblen 2004). Inclui espécies de hábito arbóreo, subarbustivo ou herbáceo com inflorescências bissexuais cujas estruturas são geralmente complexas (Berg 2001, 2005). Os representantes herbáceos da tribo concentram-se no gênero *Dorstenia* cujas espécies são, comumente, utilizadas como aromáticas e medicinais (Pio-Correa 1984). Essas plantas são denominadas de caapiá, caiapiá, carapiá, contra-ervas ou figueiras terrestres entre os indígenas e caboclos brasileiros (Carauta 1978, Pio-Correa 1984, Ruppert 1991). Vários estudos vêm sendo desenvolvidos visando à confirmação da ação medicinal e importância das dorstenias como produtoras de fármacos (Ruppert 1991, Iwv 1992, Vilegas et al.

1997, Abegaz et al. 2000, Dufall et al. 2003, Bokesch et al. 2004). As propriedades anticancerígenas e antiinflamatórias de algumas espécies, como *D. brasiliensis*, por exemplo, têm sido comprovadas (Uchiyama et al. 2002).

O gênero *Dorstenia* apresenta distribuição pantropical (Carauta 1978, Berg 2001, Judd et al. 2002). As 47 espécies neotropicais podem ser divididas em dois grandes domínios definidos pela distribuição de *D. brasiliensis* e *D. contrajerva* e que apresentam áreas de sobreposição (Berg 2001). No Brasil, o gênero está representado na Floresta Amazônica, no Cerrado (Cerradão, *stricto sensu*), Caatinga e nas diversas fisionomias da Floresta Atlântica (Carauta et al. 1974, Carauta 1978, IUCN 1997, Berg 2001). Muitas espécies são consideradas como raras e vulneráveis ou ameaçadas de extinção (Carauta et al. 1974, Carauta & Castro 1982, Carauta & Valente 1983, IBAMA 1998, IUCN 1997). Dentre os fatores que contribuem para essa situação crítica destacam-se a fragmentação e a perda de habitats, responsáveis pela ameaça de extinção da maioria de espécies neotropicais (Meyers et al. 2000, Primack & Rodrigues 2001, Fahrig 2003). O extrativismo, que responde pelo declínio das populações de plantas medicinais (Oliveira & Martins 2002), representa outro importante fator que concorreu para a diminuição das populações em algumas áreas (J.P.P. Carauta, com. pes.).

Apesar da inegável importância e da atual situação de vulnerabilidade das dorstenias, a inexistência de estudos sobre a biologia reprodutiva destas plantas dificulta possíveis estratégias para a sua conservação e manejo. O problema se agrava devido à distribuição dessas ervas, concentrada em áreas submetidas à intensa pressão antrópica, como a Floresta Atlântica e o Cerrado, biomas situados entre os mais ameaçados do planeta segundo Meyers et al. (2000). A distribuição restrita contribuiu para reforçar a raridade do gênero e desaparecimento de algumas espécies, tal como *D. pachecoleoneana* Machado, considerada extinta desde a década de sessenta (Carauta et al. 1974).

Dorstenia inclui hemicriptófitas, caméfitas ou nanofanerófitas, segundo a classificação de Raunkiaer (Carauta 1978), e são monóicas, raro dióicas (Carauta et al. 1974, Carauta 1978, Berg 2001). Possui rizoma com raízes adventícias, um caule aéreo pouco ou não ramificado, folhas alternas, simples e estipuladas; a inflorescência, denominada cenanto, apresenta forma e coloração bem variadas (Carauta et al. 1974, Carauta 1978, Berg 2001). A flor feminina possui estigma bifido, ovário mergulhado em alvéolo (loja carnosa no cenanto) e é circundada por flores estaminadas (Carauta & Castro 1982, Carauta 1978, Carauta et al. 1974, Granville 1971). A flor estaminada possui um número variável de estames (um a quatro), filete curvo no botão e antera globosa, diteca e deiscência rimosa (Granville

1971, Carauta et al. 1974, Berg 2001). A proporção de flores pistiladas e estaminadas, em um cenanto, varia entre as espécies (Granville 1971). O fruto é considerado como drupa e estudos desenvolvidos apontaram a ejeção como o mecanismo de disseminação dos diásporos (Granville 1971).

O sistema sexual é pouco conhecido para o gênero, mas a reprodução assexuada foi proposta para *D. drakena* L., enquanto que a polinização parece fundamental para *D. astyanactis* Aké-Assi e *D. embergeri* Mangenot (Granville 1971). Os estudos desenvolvidos com *D. contrajerva* L. são controversos e alguns autores consideraram a espécie como apomítica (Modilewski 1908 e Schleus 1958 citados por Granville 1971). No entanto, após experimentos controlados, Granville (1971) concluiu que a fecundação é fundamental para *D. contrajerva*. A agamospermia foi sugerida para *D. cayapia* por Berg (2001), após observações esporádicas em espécimes cultivados em casa de vegetação.

Dentre os gêneros de Dorstenieae, caracterizados por inflorescências bissexuais, como ocorre em *Dorstenia*, a anemofilia e a polinização por insetos que utilizam inflorescências como sítio de acasalamento são estratégias possíveis, segundo Berg (2001). A geitonogamia é uma estratégia reprodutiva provável, especialmente entre inflorescências de uma mesma planta (Carauta 1978, Berg 2001). Algumas características morfológicas como a forma dos cenantos, incluindo apêndices (brácteas), cor e, em alguns casos, odor, podem ser associadas à miiofilia (Berg 2001). No entanto, nenhum trabalho foi desenvolvido e o modo de reprodução das espécies de *Dorstenia* permanece por ser esclarecido.

O conhecimento do sistema sexual é fundamental para a conservação in situ das espécies de plantas e animais e suas interações (Wilcox 1980, Frankel & Soulé 1981). As estratégias reprodutivas afetam os mecanismos microevolutivos como seleção, fluxo gênico, deriva genética, influenciando na diferenciação das populações. O comportamento reprodutivo varia entre as espécies e, indiretamente, determina o aparecimento de novas estratégias adaptativas essenciais para a sobrevivência em ambientes que são cada vez mais rapidamente alterados pelo homem.

A histórica pressão humana sobre o meio ambiente intensificada a partir da revolução industrial, apresenta hoje patamares altos e crescentes, que resultam na destruição acelerada de diferentes fisionomias vegetais e extinção de espécies. No decorrer do século XX, evidenciou-se um consenso sobre a responsabilidade humana em refrear os processos destrutivos e buscar formas para a conservação da vida na terra. No Brasil, a preocupação com as políticas públicas para a conservação e uso sustentável do meio ambiente emergiu com certo retardo,

segundo Garay (2001), e apesar dos avanços obtidos através de programas de ações integradas, a degradação e a perda de espécies continua crescente (Barbosa 2001). Entretanto, é inegável o avanço conceitual na abordagem dos problemas ambientais, com vistas a responder às novas demandas sociais por uma utilização mais planejada do meio ambiente.

Em meados da década de 80, surgiu o termo biodiversidade, que emergiu como mediador de sistemas ecológicos e sociais para a valorização das espécies (Becker 2001), mas que inclui desafios que envolvem a atribuição de valor à natureza e a questão de como medir e quantificar a diversidade do mundo vivo (WRI, IUCN & UNEP 1992, Robertson-Vernhes & Younés 1993, Lewinsohn & Prado 2002).

Apesar da falta de consenso em torno dos diferentes enfoques, as décadas de 80 e 90 foram marcadas por especial atenção ao reconhecimento da complexidade estrutural das áreas tropicais e à urgência na conservação e utilização adequadas (Soulé 1991, Simberloff 1986, Kageyama & Lepsch-Cunha 2001). Mesmo assim, a maioria dos biomas tropicais continua sofrendo fragmentação e perda de habitats (Primack & Rodrigues 2001, Fahrig 2003), com possibilidade de extinção de 25 a 50% das espécies tropicais até o ano de 2100 (Reid & Miller 1989).

Estudos em torno da biodiversidade de florestas tipicamente tropicais resultaram na ampliação das discussões em torno do conceito de raridade (Hartshorn 1980, Hubbell & Foster 1986) já trabalhado por Preston (1962). A questão central em torno do conceito de raridade e necessidade de proteção de espécies raras (Gentry 1986, Rabinowitz et al. 1986) implicou no desenvolvimento de metodologias adequadas para o estudo de espécies arbóreas raras (Hubbell & Foster 1986, Kageyama et al. 2001). Os dados existentes apontam para a necessidade em se estabelecer modelos bem delineados com espécies representativas da comunidade (Kageyama & Lepsch-Cunha 2001) objetivando a conservação efetiva, a curto e longo prazo (Primack & Miao 1992). Para isso, é essencial que as espécies do sub-bosque (veja Kress & Beach 1994), sejam incluídas. Há urgência na obtenção de dados básicos sobre herbáceas, lianas e epífitas, que contribuam para o entendimento dos processos evolutivos que têm moldado a diversidade atual (Silvertown et al. 1997, Primack & Rodrigues 2001, Yonés 2001, Fahrig 2003), bem como para a conservação desses grupos.

Boas estratégias para a conservação de populações silvestres passam pela preservação 'in situ', a qual é caracterizada pela conservação genética (Kageyama

et al. 2001, Primack & Rodrigues 2001). Os sistemas de cruzamento, a polinização, a dispersão de sementes e a distribuição espacial dos indivíduos são determinantes na estrutura genética das populações naturais (Percy & Cronk 1997, Kageyama et al. 2001). Entretanto, no Brasil, dentre outras áreas tropicais, as estratégias reprodutivas permanecem pouco compreendidas, para a grande maioria de espécies, arbóreas ou não, principalmente as raras e endêmicas (mas veja Bawa 1990, Proença & Gibbs 1994, Vieira & Grabalos 2003). A situação é ainda mais crítica com relação às espécies herbáceas que permanecem por serem estudadas.

Na Zona da Mata mineira, florestas secundárias remanescentes de Floresta Atlântica sofrem ainda intenso desmatamento responsável pelas extinções locais e confinamento de espécies, em forma de pequenas populações (Pereira 1999). Na microrregião de Viçosa e próximo a Coimbra foram encontradas populações naturais de duas espécies de *Dorstenia*, *D. arifolia* Lamarck e *D. bonijesu* Carauta & Valente, habitando pequenas áreas de sub-bosques, em torno de cursos de água. O desmatamento ilegal que retira a mata ciliar ou mesmo a invasão de gado nessas áreas protegidas por lei, tem destruído as populações de *Dorstenia* aumentando o risco de extinção local. *D. arifolia* e *D. bonijesu* foram estudadas com vistas à obtenção de dados da sua biologia reprodutiva, que ampliem a discussão de conceitos teóricos sobre as causas da raridade. Propôs também fornecer embasamento para o estabelecimento de estratégias efetivas para a conservação dessas plantas nos fragmentos remanescentes.

OBJETIVOS

Foram objetivos estudar vários aspectos da biologia reprodutiva de *D. arifolia* e *D. bonijesu*: caracterizar morfológicamente os cenantos e suas flores; identificar a expressão sexual dos cenantos; analisar a dinâmica de abertura das flores e a biologia dos cenantos e das flores; associar as variações morfológicas ocorridas no cenanto e suas funções reprodutivas enquanto unidade de polinização ou de dispersão de diásporos; descrever o padrão distribuição; comparar o desempenho demográfico das espécies nos seus respectivos fragmentos; descrever os padrões fenológicos das espécies; relacionar os eventos fenológicos a fatores abióticos (pluviosidade e temperatura); e identificar os prováveis polinizadores e analisar o mecanismo de polinização em *Dorstenia arifolia*. Em relação ao sistema reprodutivo das espécies, buscou-se responder às seguintes questões: 1) As espécies investem em reprodução sexuada e assexuada?; 2) Há dependência de polinizadores?; 3)

Qual a porcentagem de flores não fecundadas e frutos abortados por espécie?; 4) As respostas às questões levantadas variam com a distribuição das plantas?; 5) Qual a contribuição desses dados para o esclarecimento das estratégias reprodutivas e para a conservação dessas espécies raras?

BIBLIOGRAFIA

- Abegaz B M, Ngadini B T, Dongo E, Bezabih M T. 2000. Chemistry of the genus *Dorstenia*. *Current Organic Chemistry* 4: 1079-1090.
- Anstett M C, Gibernau M, Hossaert-McKey M. 1998. Partial avoidance of female inflorescences of a dioecious fig by their mutualistic pollinating wasps. *Proceeding of the Royal Society of London*. 265: 45-50.
- Baijnath H, Ramcharun S. 1983. Aspects of pollination and floral development in *Ficus capensis* Thumb. (Moraceae). *Bothalia* 14:883-888.
- Barbosa F A R. 2001. Nova abordagem para a ecologia e conservação no Brasil: Programa Integrado de Ecologia (PIE) e Pesquisas Ecológicas de Longa Duração (PELD). In: *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais – avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Garay I, Dias B (org.). Editora Vozes Petrópolis, RJ.
- Bawa K S, Bullock S H, Perry D R, Coville R E, Grayum M H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72: 346-356.
- Bawa K S. 1990. Plant – pollinator interactions in tropical rainforests. *Annual Review of Ecology and Systematics* 21: 399- 422.
- Becker B K. 2001. Amazônia: construindo o conceito e a conservação da biodiversidade na prática. In: *Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais – avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Garay I, Dias B (org.). Editora Vozes Petrópolis, RJ.
- Berg C C. 1977. The Castilleae, a tribe of the Moraceae, renamed and redefined due to the exclusion of the type genus *Olmedia* from *Olmedieae*. *Acta Botanica Neerlandica* 26: 73-82.
- Berg C C. 1988. The genera *Trophis* and *Streblus* (Moraceae). *Biological Medical Science* 91: 345-362.
- Berg C C. 1990. Reproduction and evolution in *Ficus* (Moraceae): traits connected with the adequate rearing of pollinators. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55: 169-185.
- Berg C C. 2001. Moreae, Artocarpeae and *Dorstenia* (Moraceae) with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to *Flora Neotropica Monograph 7*. *Flora Neotropica Monograph* 83. New York Botanical Garden, New York, USA.
- Berg C C. 2005. Moraceae diversity in a global perspective. In: *Plant diversity and complexity patterns: local, regional and global dimensions*. Ed. Balslev Academic Press, London.
- Bokesch H R, Charan R D, Meragelman K M, Beutler J A, Gardella R, O'keefe B R, Mckee T C, McMahon J B. 2004. Isolation and characterization of anti-HIV peptides from *Dorstenia contrajerva* and *Treculia obovoidea*. *FEBS Letters* 567: 287-290.
- Bronstein J L. 1988. Mutualism, antagonism and the fig-pollinator interaction. *Ecology* 69: 1298-1302.

- Carauta J P P. 1978. *Dorstenia* L. (Moraceae) do Brasil e países limítrofes. *Rodriguesia* 44: 53-223.
- Carauta J P P, Castro M W. 1982. Plantas em perigo de extinção: *Dorstenia*. Flora – Alguns Estudos – I. Série Trabalhos Técnicos nº. 1/82: 29-65. Cadernos FEEMA, Rio de Janeiro.
- Carauta J P P, Valente M C, Suvre D B. 1974. *Dorstenia* L. (Moraceae) dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro. *Rodriguesia* 39: 225-295.
- Carauta J P P, Valente M C. 1983. *Dorstenia* L. (Moraceae). Notas complementares IV. Atas da Sociedade Botânica do Brasil 1: 111-122.
- Chalesworth D. 1984. Androdioecy and the evolution of dioecy. *Biological Journal of the Linnean Society* 23: 333-348.
- Corner E J H. 1985. *Ficus* (Moraceae) and Hymenoptera (Chalcidoidea): Figs and their pollinators. *Biological Journal of Linnean Society* 25: 187-195.
- Datwyler S L, Weiblen G D. 2004. On the origin of the figs: phylogenetic relationship of Moraceae from NDHF sequences. *American Journal of Botany* 91: 767-777.
- Dufall K G, Simeon K F, Abegaz B M, Croft K D. 2003. Antioxidant activity of prenilated flavonoids from the West African medicinal plant *Dorstenia mannii*. *Journal of Ethnopharmacology* 87, 1:67-72
- Fahrig L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 34: 487-515.
- Frankel O H, Soule N. E. 1981. Conservation and evolution. Cambridge, Cambridge University Press, USA.
- Garay I. 2001. Contexto internacional e nacional e demanda de informação. In: Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais. Avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Garay I & Dias B (org.). Editora Vozes, Rio de Janeiro.
- Gentry A H. 1986. Endemism in tropical versus temperate plants. In: Conservation Biology – the science of scarcity and diversity. (ed.). Sunderland, Massachusetts, USA.
- Granville J J. 1971. Notes sur la biologie florale de quelques espèces du genre *Dorstenia* (Moracées). *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.* 15: 61-97.
- Harrison R D, Yamamura N. 2003 A few more hypotheses for the evolution of dioecy in figs (*Ficus*, Moraceae). *Oikos* 100: 628-635.
- Hartshorn G S. 1980. Neotropical forest dynamics. *Biotropica* 2 (suppl.): 23-30.
- Herre E A, Machado C A, Bermingham E, Nason J D, Windsor D M, McCafferty S S, Houten W V, Bachmann K. 1996. Molecular phylogenies of figs and their pollinator wasps. *Journal Biogeography* 23: 521-530.
- Hubbell S P, Foster R B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for neotropical tree conservation. In: Conservation Biology – the science of scarcity and diversity. (ed.). Sunderland, Massachusetts, USA.
- IBAMA. 1998. Lista de espécies ameaçadas de extinção. [www. Ibama @.gov.br](http://www.ibama.gov.br).
- IUCN- The World Conservation Union. 1997. Red list of threatened plants. Gland, Switzerland.
- Iwv M M. 1992. Evaluation of plant extracts for antileishmanial activity using a mechanism based radiorespirometric microtechnique (RAM). *Planta Médica* 58: 436-441.
- Janzen D H. 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 13-51.
- Judd W S, Campbell C S, Kellog E A, Stevens P F. 2002. Plant Systematics: a phylogenetic approach. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts-EUA.
- Kageyama P, Gandara F, Cavalcanti T. 2001. Estudo da biodiversidade em parcelas permanentes grandes, tendo como base espécies arbóreas raras visando à conservação genética. In: Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas

- Tropicais – avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Garay I, Dias B (org.). Editora Vozes Petrópolis, RJ.
- Kageyama P, Lepsch-Cunha N M. 2001. Singularidade da biodiversidade nos trópicos. In: Conservação da Biodiversidade em Ecossistemas Tropicais – avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Garay I, Dias B (org.). Editora Vozes Petrópolis, RJ.
- Kerdelhue C J, Raplus Y. 1996. The evolution of diocy among *Ficus* (Moraceae): na alternative hypothesis involving non-pollinating fig wasp pressure on the fig-pollinator mutualism. *Oikos* 77: 163-166.
- Kress C, Beach A. 1994. In: La Selva: ecology and natural history of a neotropical rainforest. McDade L A, Bawa K S, Hespenheide H A, Hartshorn G S eds. University of Chicago Press, Chicago.
- Lewinsohn T M, Prado P I. 2002. Biodiversidade Brasileira: síntese do estado atual do conhecimento. Editora Contexto, São Paulo, SP.
- Maddison W P. 1990. A method for testing the correlated evolution of two binary characters: Are gains or losses concentrated on certain branches of a phylogenetic tree? *Evolution* 44: 539-557.
- Meyers N, Mittermeier R A, Mittermeier C G, Fonseca G A B, Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 24: 853-858.
- Nefdt R J C, Compton S G. 1996. Regulation of seed and pollinator production in the fig-fig wasp mutualism. *Journal of Animal Ecology* 65:170-182.
- Oliveira L O, Martins E R. 2002. A quantitative assessment of genetic erosion in ipeca (*Psychotria ipecacuanha*). *Genetic Resources and Crop Evolution* 49: 607–617.
- Percy D M, Cronk Q C B. 1997. Conservation in relation to mating system in *Nesohedyotis arborea* (Rubiaceae), a rare endemic tree from St. Helena. *Biological Conservation* 80: 135-145.
- Pereira R A. 1999. Mapeamento e caracterização de fragmentos de vegetação arbórea e alocação de áreas preferenciais para sua interligação no Município de Viçosa, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- Pio-Correa M. 1984. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. IBDF, II: 161. Rio de Janeiro, RJ.
- Preston F W. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity: part II. *Ecology* 43: 410-431.
- Primack R B, Miao S L. 1992. Dispersal can limit local plant distribution. *Conservation Biology* 6: 513-519.
- Primack R B, Rodrigues E. 2001. Biologia da conservação. Londrina. Paraná.
- Proença C E B, Gibbs P E. 1994. Reproductive biology of eight sympatric Myrtaceae from Central Brazil. *New Phytologist* 126: 343-354.
- Rabinowitz D, Corus S, Dillon T. 1986. Seven forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In: *Conservation Biology – the science of scarcity and diversity*. (ed.). Sunderland, Massachusetts, USA.
- Reid W, Miller K R. 1989. Keeping options alive: the scientific basis for conserving biodiversity. World Resources Institute, Washington DC, USA.
- Robertson-Vernhes J, Younés T. 1993. Inventorying and monitoring biodiversity under the Diversitas programme. A progress report. *Biology International* 27: 3-12.
- Rohwer J G. 1993. Moraceae. In: *The families and genera of vascular plants*, 438-453. Kubitzki K, Rohwer J G & Bittrich (Eds). Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Ruppet B M. 1991. Pharmacological screeninng of plants recommended by folk medicine as anti-snake venom – I. Analgesic and anti – inflammatory activities. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 86: 203-205.

- Sakai S. 2001. Thrips pollination of an androdioecious *Castilla elastica* (Moraceae) in a seasonal tropical forest. *American Journal of Botany* 88: 1527-1534.
- Sakai S. 2002. A review of brood-site pollination mutualism: plants providing breeding sites for their pollinators. *Journal of Plant Research* 115: 161-168.
- Sakai S, Kato M, Nagamasu H. 2000. *Artocarpus* (Moraceae) – gall midge pollination mutualism mediated by a male flower parasitic fungus. *American Journal of Botany* 87: 440-445.
- Silvertown J, Franco M, Harper J L. 1997. Plant life histories – ecology, phylogeny and evolution. Cambridge University Press, Cambridge.
- Simberloff D S. 1986. Are we on the verge of a mass extinction in tropical rain forest? In: Dynamics of extinction. Elliot D K (ed.). John Willey & Sons, New York, USA.
- Soulé M E. 1991. Conservation: tactics for a constant crisis. *Science* 253:744-757.
- Systma K J J, Morawetz J C, Pires M, Nepokroeff E, Conti M, Zjhra J C, Chase H, Chase M W. 2002. Urticalean rosids: circumscription, rosid ancestry and phylogenetics based on rbcl, trn L-F, and ndhF sequences. *American Journal of Botany* 89: 1531-1546.
- Uchiyama T, Hara S, Makino M, Fujimoto Y. 2002. Seco-Adianane type triterpenoids from *Dorstenia brasiliensis* (Moraceae). *Phytochemistry* 60: 761-764.
- Vieira M F, Grabalos R. 2003. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexiae* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. *Acta Botanica Brasilica* 17: 137-145.
- Vilegas J H Y, Lanças F M, Vilegas W, Pozetti G L. 1997. Further triterpenes, steroids and furocoumarines from Brazilian medicinal plants of *Dorstenia* genus (Moraceae). *Journal of Brazilian Chemistry Society* 8: 529-535.
- Weiblen G D. 2002. Correlated evolution in fig pollination. *Systematic Biology* 53: 128-139.
- Wilcox B. 1980. Insular ecology and conservation. In: Conservation biology. Soulé, N. E, Wilcox B A. (eds). Sunderland, Sinauer.
- WRI, IUCN & UNEP. (World Resources Institute, IUCN-The World Conservation Union, United Nations Environment Programme). 1992. Global biodiversity strategy guidelines for action to save study and use eartht's biotic wealth sustainably and equitably. World Resources Institute Publications, Baltimore.
- Younés T. 2001. Ciência da biodiversidade: questões e desafios. In: Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais – avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Garay I, Dias B (org.). Editora Vozes Petrópolis, RJ.
- Zerega N J C, Mound L A, Weiblen G D. 2004. Pollination in the New Guinea endemic *Antiaropsis decipiens* (Moraceae) is mediated by a new species of thrips, *Thrips antiaropsidis* sp. Nov. (Thysanoptera: Thripidae). *International Journal of Plant Science* 165: 1017-1026.
- Zerega N J C, Clement W L, Datwyler S I, Weiblen G D. 2005. Biogeography and divergence times in the mulberry family (Moraceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 37: 402-416.

CAPÍTULO 1

**MORFOLOGIA E BIOLOGIA DOS CENANTOS E FLORES DE *DORSTENIA*
arifolia LAMARCK E *D. bonijesu* CARAUTA & VALENTE (DORSTENIEAE:
MORACEAE)**

RESUMO

Foram objetivos descrever e comparar aspectos da morfologia e biologia dos cenantos e flores de *Dorstenia arifolia* Lamarck e *D. bonijesu* Carauta & Valente, ocorrentes na Zona da Mata mineira com ênfase na: a) caracterização morfológica dos cenantos e de suas flores, b) identificação da expressão sexual dos cenantos, c) análise da dinâmica de abertura das flores e a biologia dos cenantos e das flores; d) associação entre as variações morfológicas ocorridas no cenanto e as suas funções reprodutivas (unidade de polinização ou de dispersão de diásporos). *D. arifolia* é considerada espécie vulnerável e *D. bonijesu* encontra-se em risco de extinção. Os cenantos amostrados foram coletados em população natural de *D. arifolia*, localizada no município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W) e de *D. bonijesu*, no município de Viçosa (20°46' e 20°50' S e 42°51' e 42°49'W). Foram realizados estudos morfológicos com auxílio de microscópio estereoscópico e de microscopia de luz e de varredura, utilizando-se as técnicas habituais. A dinâmica de abertura das flores no cenanto e biologia do cenanto e flores foram analisadas em cenantos acompanhados diariamente. A receptividade dos estigmas foi determinada com base na atividade enzimática. Para avaliação do potencial de viabilidade polínica, analisou-se a coloração dos grãos de pólen através da técnica do carmim acético. As espécies não apresentaram variações morfológicas nos tecidos que compõem o cenanto. *D. arifolia* apresentou dois tipos de cenantos, inéditos em espécies de *Dorstenia*: cenantos bissexuais, com flores pistiladas e estaminadas, e unissexuais, com flores estaminadas. Por isso, *D. arifolia* possui a mais alta proporção entre flores pistilada e estaminada, dentre as espécies estudadas nesse aspecto. *D. bonijesu* apresentou cenantos bissexuais. As flores das espécies foram similares; as pistiladas são sésseis e ficam imersas em alvéolos profundos e as estaminadas possuem dois estames, duas tépalas e ficam imersas em alvéolos rasos. No cenanto, a abertura das flores é, principalmente, centrífuga. As duas espécies são protogínicas, mas pode ocorrer sobreposição das fases feminina e masculina. O período de receptividade dos estigmas foi longo (duas semanas) e a viabilidade polínica alta (>80%). As variações morfológicas observadas nos cenantos das espécies estudadas estão relacionadas à dispersão (pólen e diásporos). *D. bonijesu* apresentou acentuadas variações morfológicas dos cenantos: forma tubular ou infundibuliforme, durante as fases jovem e feminina, quando suas flores pistiladas estavam expondo os estigmas; e forma de "taça rasa" durante a exposição dos estames ou fase masculina. Em ambas as espécies, o diâmetro dos cenantos aumentou gradativamente até a frutificação. A dispersão dos diásporos é autocórica, mas as duas espécies retêm frutos, com sementes viáveis, nos cenantos. *D. bonijesu* apresentou dispersão hidrocórica, inédita para o gênero. Essa dispersão está associada à morfologia do cenanto (infundibuliforme), que permite o acúmulo da água de chuva, dentro do cenanto, provocando a liberação de frutos na água. O cenanto tomba com o peso da água acumulada e as sementes são dispersas.

MORFOLOGIA E BIOLOGIA DOS CENANTOS E FLORES DE *DORSTENIA arifolia* LAMARCK E *D. bonijesu* CARAUTA & VALENTE (DORSTENIEAE: MORACEAE)

INTRODUÇÃO

Dorstenia engloba os representantes herbáceos de Moraceae, pertencentes à tribo Dorsteneae, e apresenta distribuição pantropical (Carauta 1978, Berg 2001). As dorstenias neotropicais podem ser divididas em dois grandes domínios definidos pela distribuição de *Dorstenia brasiliensis* Lamarck (Domínio do Sudeste) e *Dorstenia contrajerva* Linnaeus (Domínio do Nordeste) (Berg 2001). No Brasil, ocorrem na Floresta Amazônica, no Cerrado e na Caatinga, mas concentram-se nas diversas fisionomias da Floresta Atlântica (Carauta et al. 1974, Carauta 1978, IUCN 1997, Berg 2001).

As espécies neotropicais de *Dorstenia* apresentam pequenas áreas de distribuição, à exceção de *D. brasiliensis* e *D. contrajerva*; algumas ocorrem em uma única localidade devido às exigências ecológicas restritas de grande parte das espécies (Berg 2001). Essas características associadas ao fato do gênero ocorrer em biomas ameaçados, tais como a Floresta Atlântica e o Cerrado (Meyers et al. 2000), contribuem para o sério risco de extinção da maioria das espécies (Carauta & Castro 1982).

As dorstenias apresentam considerável variação no hábito e nas estruturas reprodutivas. São monóicas, raro dióicas, e sua inflorescência, denominada cenanto, é axilar e constituída de um receptáculo carnoso onde se inserem as flores pistiladas e, ou estaminadas. Os cenantos possuem forma e coloração variadas e margens providas de brácteas ou apêndices filiformes (Carauta et al. 1974, Carauta 1978, Berg & Carauta 1985, Berg 2001, 2005). As flores são uniformes; as pistiladas possuem estigmas bifidos, filiformes, ovário ínfero e séssil com apenas um óvulo. As flores estaminadas possuem anteras dítecas e rimosas e filetes curvos no botão; o número de estames pode variar (dois a quatro; Carauta 1978, Berg 2001). A proporção de flores pistiladas e estaminadas no cenanto varia entre as espécies (Granville 1971, Araújo et al. 2007). O fruto é considerado como drupa (Granville 1971, Carauta 1978, Berg 2001, 2005) e a ejeção (autocoria) como o mecanismo de disseminação dos diásporos (Granville 1971, Berg 2001).

A variedade na forma e cor das estruturas reprodutivas sugere a possibilidade de uma gama de interações com polinizadores, mas pouco é conhecido sobre a polinização ou outros aspectos da biologia reprodutiva de

Dorstenia (Berg 2001, Araújo et al. 2007). A biologia floral de algumas espécies foi analisada por Granville (1971). No entanto, questões básicas permanecem por serem elucidadas, incluindo aquelas relacionadas à biologia dos cenantos e de suas flores.

Os objetivos desse estudo foram descrever e comparar aspectos da morfologia e biologia dos cenantos e flores de *Dorstenia arifolia* Lamarck e *Dorstenia bonijesu* Carauta & Valente, ocorrentes na Zona da Mata mineira com ênfase na: a) caracterização morfológica dos cenantos e de suas flores, b) identificação da expressão sexual dos cenantos, c) análise da dinâmica de abertura das flores e a biologia dos cenantos e das flores; d) associação entre as variações morfológicas ocorridas no cenanto e as suas funções reprodutivas, como unidade de polinização ou de dispersão de diásporos.

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies estudadas – *Dorstenia arifolia* (Figura 1) e *D. bonijesu* (Figura 2) possuem raízes filiformes, rizomas escamosos, folhas dispostas em espiral (a rosuladas), estípulas persistentes e cenantos com margens providas de brácteas deltóides e foliáceas (Carauta & Valente 1983, Berg 2001). As flores ficam inseridas em lojas carnosas, denominadas alvéolos (Carauta 1978); as pistiladas ficam mergulhadas em alvéolos profundos e as estaminadas, em alvéolos rasos (Figura 1E) (Carauta 1978, Carauta & Valente 1983).

Dorstenia arifolia possui rizomas aromáticos e caule, comumente aéreo, de tamanho variável (até 1,5m). Suas folhas possuem pecíolo delgado, lâmina inteira ou pinatífida (Figura 1A). O cenanto, sustentado por um longo pedúnculo (Figura 1A), é piloso e de cor verde ou roxa (Carauta 1978, Berg 2001). *D. arifolia* é clonal e sua floração e frutificação ocorrem durante todo o ano (Carauta 1978).

Dorstenia bonijesu possui rizomas pequenos (5,0-7,0 cm) e é desprovida de parte aérea; eventualmente observa-se a presença de um caule aéreo reduzido (até 6,0 cm). As folhas são simples, de forma pseudodígito-trifoliolada e algumas vezes apresentam-se trilobadas (Figura 2A). O cenanto, sustentado por um longo pedúnculo (Figura 2A), é verde, infundibuliforme (Figura 2A) ou em forma de “taça rasa” (Figura 2B; Carauta & Valente 1983, Berg 2001). Essa espécie não investe em crescimento clonal; sua floração e frutificação ocorrem durante a estação chuvosa (Araújo et al. 2007).

As duas espécies pertencem ao domínio de *D. brasiliensis* (Domínio do Sudeste, Berg 2001) e ocorrem em áreas úmidas e sombreadas de sub-bosques da Floresta Atlântica (Carauta & Valente 1983, Berg 2001). *D. arifolia* é considerada espécie vulnerável (IBAMA 1988). Na Zona da Mata mineira já desapareceu de várias áreas, devido ao desmatamento ilegal das matas ciliares ou à invasão de gado nas matas remanescentes, correndo sério risco de extinção na microrregião de Viçosa. *D. bonijesu* apresenta distribuição restrita a apenas quatro localidades (Araújo et al. 2007) e encontra-se em risco de extinção segundo Carauta & Valente (1983).

Os cenantos amostrados foram coletados em população natural de *Dorstenia arifolia* localizada no município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W) e de *Dorstenia bonijesu* localizada no município de Viçosa (20°46' e 20°50' S e 42°51' e 42°49'W). Também foram utilizados cenantos produzidos por indivíduos cultivados no Horto do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa (UFV). As coletas ocorreram entre os anos de 2005 a 2007. Material testemunho das espécies encontra-se depositado no Herbário VIC (*Dorstenia arifolia*: 30.136, 30.137 e 30.138; *Dorstenia bonijesu*: 30.133, 30.134 e 30.135).

Caracterização morfo-anatômica dos cenantos e das flores e expressão sexual dos cenantos – Foram coletados 100 cenantos de indivíduos cultivados, 42 de *D. arifolia* e 58 de *D. bonijesu*, para as análises morfológicas dos cenantos e contagem das flores. Essa etapa foi realizada com o auxílio de microscópio estereoscópico (Leica MZ8). Mediu-se a altura dos pedúnculos e diâmetro dos cenantos em diferentes estádios de desenvolvimento. Para a medida de altura, utilizou-se uma linha de bordado (corrente nº 03, branca), que foi esticada ao longo do pedúnculo e, em seguida, ao longo de uma régua (50 cm). O diâmetro dos cenantos foi obtido com o auxílio de paquímetro digital (Mitutoyo 500-144).

Dezoito cenantos em diferentes estádios de desenvolvimento (10 de *D. arifolia* e oito de *D. bonijesu*) foram coletados nas populações naturais e fixados com glutaraldeído. No laboratório, as amostras foram submetidas a vácuo, em capela, por um período de 24 a 72 horas e banhadas em tampão de Sohrenssem (cinco banhos de 10 min.). As amostras foram estocadas em etanol 70% (Johansen 1940) e, posteriormente, desidratadas em série etanólica e incluídas em historesina durante uma semana (Guerriets 1991). Após a polimerização, o material foi colado em blocos de madeira e seccionado em micrótomo rotativo (Leica RM 2245). As seções longitudinais e transversais (5 µm de espessura) foram coradas com Azul de Toluidina (pH 5,4) (O'Brien & McCully 1981). O tempo de exposição (1 minuto) foi selecionado após

testes realizados previamente. As observações e ilustrações foram feitas em fotomicroscópio Leica DM 4500 B acoplado à câmera digital Leica DFC 320.

Realizou-se uma análise complementar da morfologia utilizando a microscopia eletrônica de varredura, no Núcleo de Microscopia e Microanálise da UFV. Para isso, foram coletados outros dez cenantos, cinco de cada espécie estudada. As amostras passaram pelo mesmo processo anterior de fixação até a desidratação em série etanólica (variação de 10% a 100%). Em seguida foram submetidas ao ponto crítico com CO₂ ("critical point dryer" Balzers CPD020), metalizadas em ouro-paládio (3 min) (Bozzola & Russell 1992) e fotografadas no microscópio de varredura (modelo Zeiss, LEO 1430 VP, Cambridge, Inglaterra).

Cenantos de *Dorstenia arifolia* e *Dorstenia bonijesu* foram marcados e acompanhados semanalmente, em indivíduos de população natural e cultivados, para análise da expressão sexual dos cenantos que foi definida segundo a terminologia de Sakai & Weller (1999).

Dinâmica de abertura das flores no cenanto e biologia do cenanto e flores – Treze cenantos, das espécies estudadas, foram marcados e acompanhados diariamente. As observações iniciaram-se com o surgimento dos cenantos, a partir de gemas laterais, até a sua queda.

O cenanto, como unidade de polinização, foi caracterizado pela receptividade dos estigmas e liberação do pólen. Como unidade de dispersão, o cenanto foi caracterizado pela liberação dos frutos que tem início no momento em que os frutos despontam dos alvéolos e tornam-se visíveis.

A receptividade dos estigmas foi determinada com base na atividade enzimática dos estigmas (Dafni et al. 2005); utilizou-se o papel Peroxtesmo KO (Macherey-Nagel 906-06) em oito cenantos de cada espécie. Quando em contato direto com o papel levemente umedecido, os estigmas receptivos adquirem coloração azulada. A receptividade foi avaliada diariamente, a partir do início da abertura dos estigmas com o auxílio de uma lupa de mão (20X).

Para avaliação do potencial de viabilidade polínica, analisou-se a coloração dos grãos de pólen através da técnica do carmim acético 1,2% (Dafni & Firmage 2000). Foram coletados sete cenantos de cada espécie e montadas duas lâminas por cenanto. Contou-se 200 grãos de pólen por lâmina, totalizando 2.800 grãos por espécie. Para a realização das contagens, utilizou-se o microscópio de luz (Olympus AX70TRF).

RESULTADOS

Morfo-anatomia dos cenantos e das flores – *Dorstenia arifolia* possui dois tipos de cenantos morfológicamente distintos. Um deles, aqui denominado tipo I, possui forma mais ou menos convexa, com o contorno elíptico a sub-orbicular e tamanho variável (Tabela 1; Figura 1A); apresenta flores pistiladas e estaminadas (Figura 1C-E). O cenanto denominado tipo II possui forma circular e tamanho menor que o do tipo I (Tabela 1); suas flores são predominantemente estaminadas (Figura 1B). Ambos possuem brácteas, que os circundam (Figura 1A), e coloração verde ou roxa na face adaxial e roxo amarronzada na abaxial.

Dorstenia bonijesu possui apenas um tipo de cenanto, com flores pistiladas e estaminadas, que pode sofrer variação morfológica ao longo das fases de floração e frutificação. Por isso, os cenantos são infundibuliformes ou tubulares (Figura 2A) ou em forma de “taça rasa” (Figura 2B). Independente da forma, os cenantos apresentam contorno circular, brácteas e coloração verde em ambas as faces e tamanho médio variável (Tabela 2).

Os cenantos de *D. arifolia* e *D. bonijesu* apresentaram similaridades anatômicas. A epiderme é intensamente pilosa, com tricomas tectores unicelulares e tricomas secretores, dispostos, tanto na face abaxial quanto na adaxial das folhas. Esses tricomas podem ser observados inclusive nas brácteas (Figura 3A-B). Internamente, os cenantos são preenchidos por tecido parenquimático constituído por células de paredes delgadas (Figura 3A). Observa-se ainda um aerênquima cuja principal característica é a presença de espaços intercelulares (Figura 3C).

Na face externa dos cenantos de *D. bonijesu* encontrou-se um outro tipo de tricoma (forma de gancho) que não foi observado em *D. arifolia* (Figura 3D). Além disso, as células do aerênquima apresentaram um conteúdo róseo, ainda não identificado.

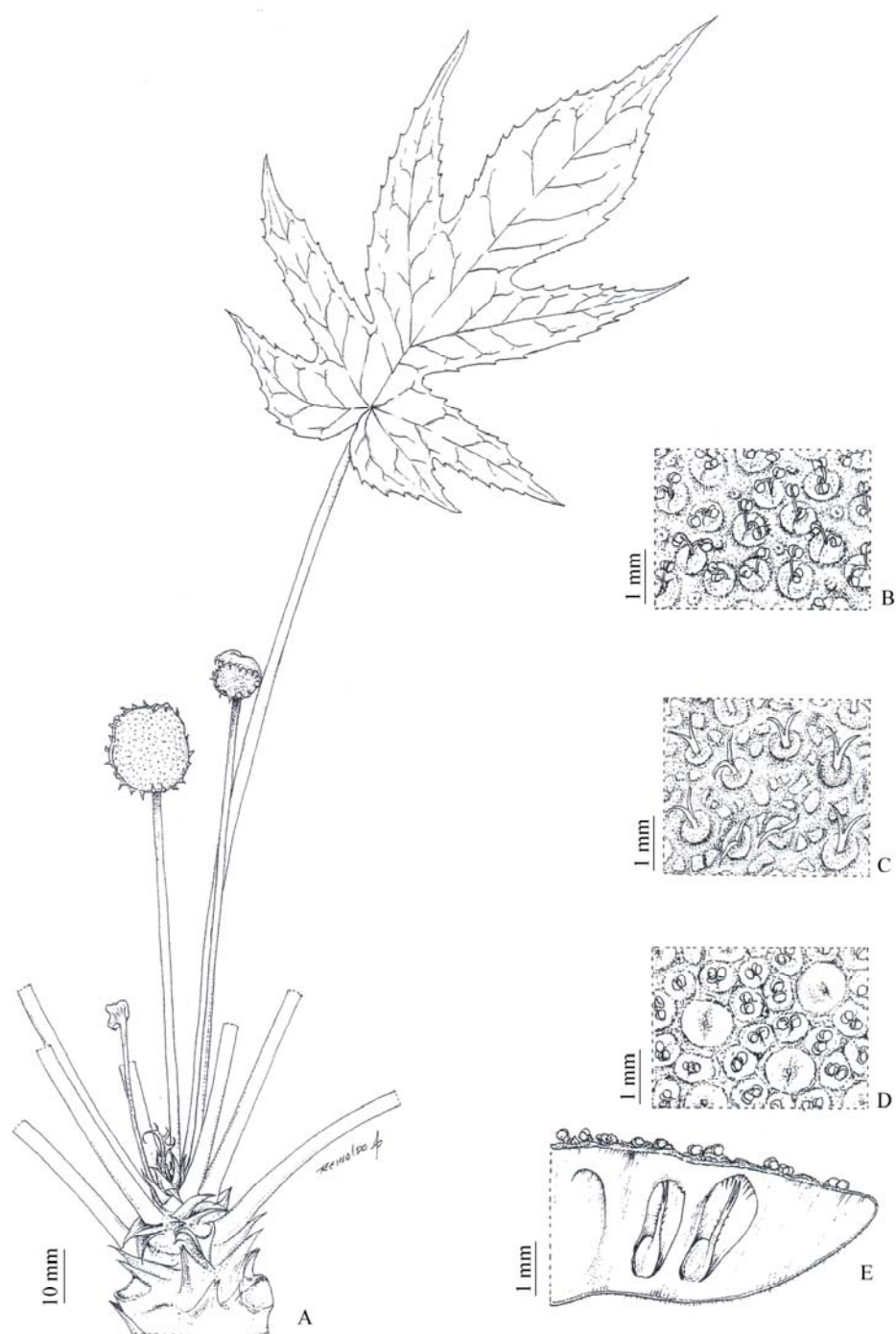


Figura 1 - *Dorstenia arifolia*: A – hábito com o cenanto unissexual (tipo II) aberto (forma circular); B – detalhe do cenanto em fase “masculina” (flores estaminadas liberando pólen), C – detalhe das flores pistiladas em antese (fase “feminina do cenanto”), D e E – flores pistiladas recolhidas nos alvéolos, após a fecundação estaminadas finalizando a liberação do pólen (fase masculina do cenanto).

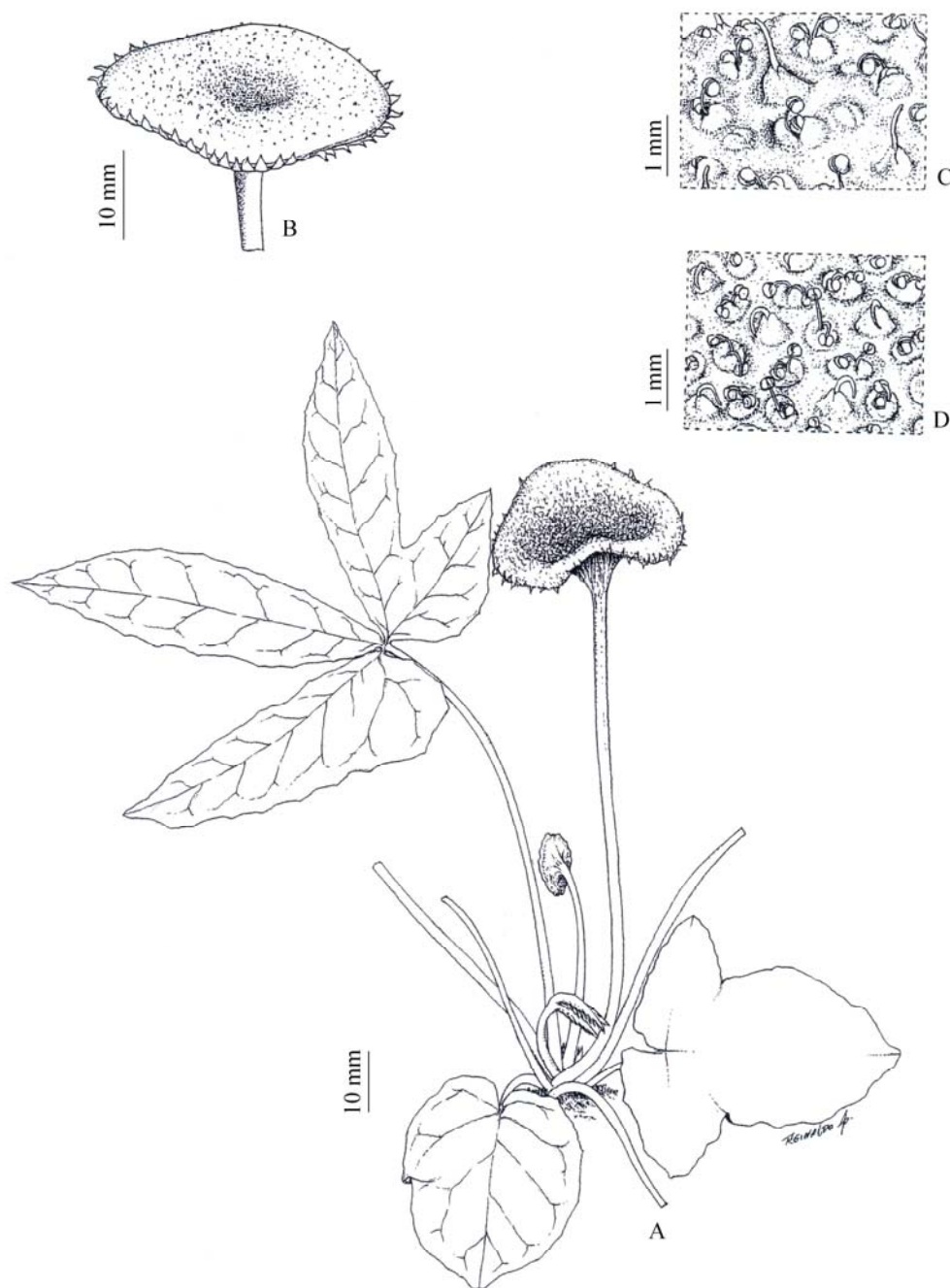


Figura 2 - *Dorstenia bonijesu*: A – hábito com o cenanto “infundibuliforme”, B – detalhe do cenanto (em forma de “taça rasa”), C – detalhe das flores pistiladas (em antese) e flores estaminadas em pré-antese (fase “feminina do cenanto”), D – flores estaminadas iniciando a liberação do pólen (fase masculina do cenanto).

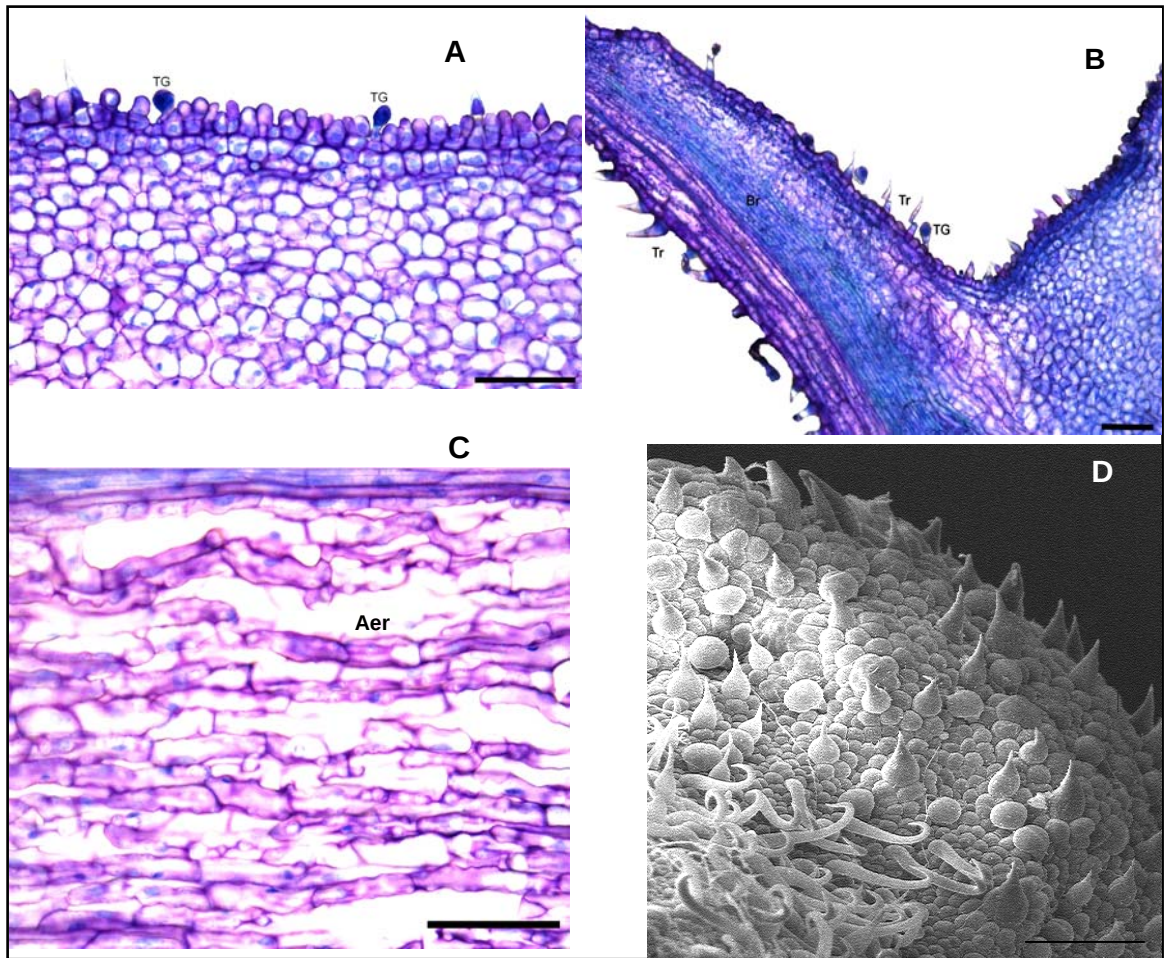


Figura 3 – Seção longitudinal de cenantos de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu*: fotomicrografias A - epiderme pilosa (TG = tricomas glandulares, barra = 40x); B – pilosidade nas brácteas (Tr tricomas tectores, TG = tricomas glandulares; barra = 10X); C – aerênquima (Aer) de *D. arifolia*, barra = 40X); D – eletromicrografia mostrando os tricomas de *D. bonijesu* (barra = 100 μ m).

As flores pistiladas de *D. arifolia* e *D. bonijesu* não apresentam perianto; possuem ovário, estilete e estigmas bífidos papilosos (Figura 4A, B). Nas duas espécies, as flores pistiladas são sésseis e ficam imersas em alvéolos profundos (Figura 4A). Existe um único poro na extremidade superior do alvéolo que permite a saída do estilete e estigmas (Figura 4B). As flores estaminadas encontram-se em alvéolos rasos (Figura 4A); formam pequenas intumescências facilmente visíveis a olho nu e são compostas por duas tépalas e dois estames (Figura 4A,C). Os filetes são curvos no botão floral e as anteras ditecas (Figura 4C, 5A-B).

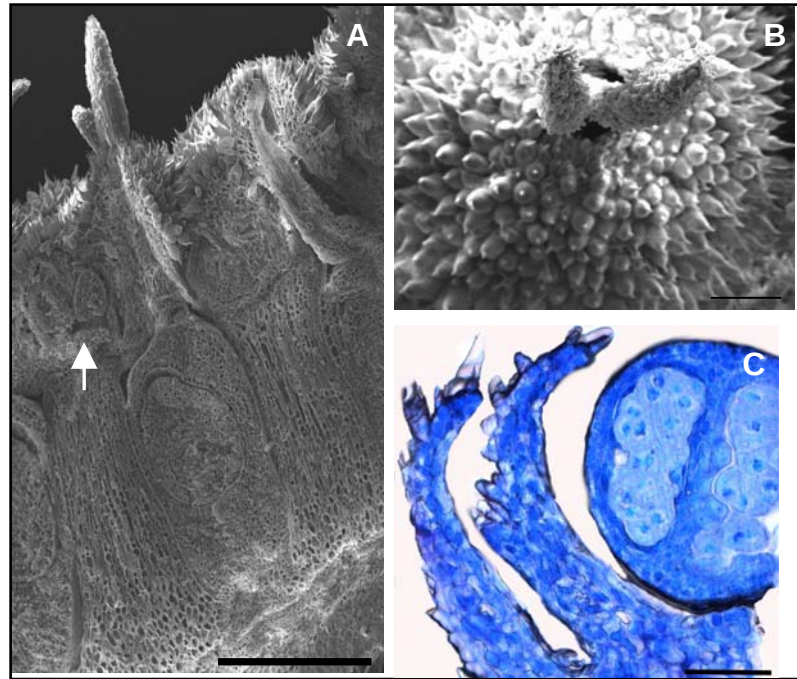


Figura 4 – Seção longitudinal de flores de *Dorstenia arifolia*: A – Detalhe da flor pistilada, sem perianto, com ovário imerso em alvéolo profundo. A seta aponta uma flor estaminada imersa em alvéolo raso (barra = 100µm). B – detalhe do estigma bifido e papiloso e poro por onde passa o estilete (barra = 30 µm). C – fotomicrografia mostrando a flor estaminada (composta de duas tépalas, barra = 40X).

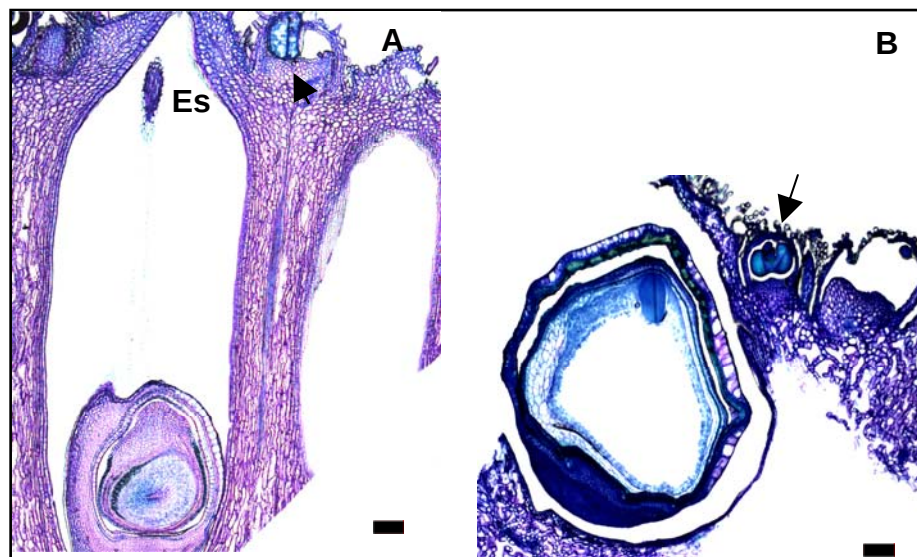


Figura 5 – Seção longitudinal de flores de *Dorstenia*: A – flor pistilada de *D. arifolia* retraída no alvéolo após a fecundação; A – flor fecundada com estilete e estigma recolhidos; ES = estigma com a porção distal escurecida. A seta aponta a flor estaminada dobrada no botão floral. B – detalhe do cenanto, sem sobreposição de fases sexuais, de *D. bonijesu*, com fruto bem desenvolvido e uma flor estaminada ainda dobrada (em alvéolos rasos, seta). Barra = 5X.

Tabela 1 - Longevidade média (dias) das fases dos cenantos de *Dorstenia arifolia*, diâmetro dos cenantos e comprimento do seu pedúnculo. Os cenantos bissexuais não apresentavam sobreposição de fases sexuais.

Cenantos	Fases do cenanto	Tempo de duração (dias)	Diâmetro do cenanto ao final da fase (cm)	Comprimento do pedúnculo (cm)
Tipo I (bissexual)	Jovem	25,3	3,44	9,33
	Feminina	15,71	4,5	13,63
	Masculina	38,75	5,53	15,17
	Frutificação	26,0	5,74	15,47
	Total	105,76	.	.
Tipo II (unissexual)	Jovem	23,0	1,42	7,75
	Masculina	12,3	2,13	8,91
	Total	35,3	.	.

Tabela 2 - Longevidade média (em dias) das fases dos cenantos de *Dorstenia bonijesu*, diâmetro dos cenantos e comprimento do seu pedúnculo.

Cenantos	Fases do cenanto	Tempo de duração (dias)	Diâmetro do cenanto ao final da fase (cm)	Comprimento do pedúnculo (cm)
Sem sobreposição de fases sexuais	Jovem	23,7	.	5,31
	Feminina	14,51	2,65	11,2
	Masculina	19,69	3,61	12,3
	Frutificação	28,1	4,93	14,15
	Total	86	.	.
Com sobreposição de fases sexuais	Jovem	23,4	2,54	4,92
	Fem/Masc.	18,5	3,42	11,83
	Frutificação	26,1	4,51	13,4
	Total	68	.	.

Tabela 3 - Número de flores pistiladas e, ou estaminadas por cenanto bissexual e unissexual e a relação entre as flores em cenantos bissexuais e a sua proporção em *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu*. * Dada a grande variação de flores, optou-se por apresentar a amplitude numérica.

Espécie	Flores por cenanto		Proporções de flores (pistilada: estaminada)	
	Pistilada	Estaminada		
<i>D. arifolia</i>				
Cenanto bissexual*	97 a 183	641 a 1464	~ 1:5 a ~1:8	0,13 a 0,20
Cenanto unissexual **	0	941	.	.
<i>D. bonijesu</i>	109	563	~ 1:5	0,19

** cenanto unissexual contém apenas flores estaminadas e, eventualmente, pistilódios.

As proporções de flores pistiladas e estaminadas variaram nos cenantos de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* (Tabela 3). Nos cenantos bissexuais de *D. arifolia* a proporção de flores foi de uma pistilada para cinco a oito estaminadas. Em *D. bonijesu* foi de uma flor pistilada para cinco flores estaminadas. As flores estaminadas circundam as pistiladas. Ocorreram alterações nesse padrão devido ao predomínio de flores estaminadas nas bordas do cenanto das duas espécies. Nos cenantos unissexuais predominaram flores estaminadas; em três cenantos foram encontradas apenas cinco flores pistiladas.

Expressão sexual e dinâmica de abertura das flores no cenanto – Em *D. arifolia*, os cenantos tipo I apresentaram flores pistiladas e estaminadas e, por isso, foram considerados como bissexuais. Os cenantos do tipo II apresentaram apenas flores estaminadas, sendo caracterizados como unissexuais masculinos. Nestes cenantos foi possível observar a ocorrência eventual de flores pistiladas e perfeitas (com pistilos e estames), mas que não frutificavam, tratando-se, portanto de pistilódios. Em *D. bonijesu* só foram encontrados cenantos bissexuais.

Em cenantos bissexuais de *D. arifolia* e *D. bonijesu*, a dinâmica de antese das flores é similar e inicia-se com a antese das flores pistiladas. A antese caracteriza-se pela exposição do estilete e afastamento dos estigmas (o ovário permanece dentro do alvéolo) e ocorreu a partir da área central, local de inserção no pedúnculo, em direção à borda do cenanto. Menos comumente, observou-se o afastamento dos estigmas de flores dispostas na área “média” (entre a borda e o centro) seguida pela abertura das flores posicionadas no centro do cenanto; só então ocorria o afastamento dos estigmas das flores posicionadas na borda. No entanto, em *D. arifolia*, observou-se que essa dinâmica de abertura sofreu várias

alterações. Eventualmente, as flores pistiladas mais próximas das bordas se abriam juntamente com as flores das áreas centrais (próximas ao pedúnculo), mas essa sequência de abertura foi observada em poucos cenantos (<10% dos cenantos analisados).

A antese das flores estaminadas, caracterizada pela posição ereta dos filetes e deiscência das anteras, ocorreu da área central em direção à borda do cenanto nas duas espécies. Iniciava-se, geralmente, após a abertura das flores pistiladas, delimitando uma fase feminina seguida de outra masculina no cenanto. Entretanto, em alguns cenantos ocorreu sobreposição das fases sexuais, nas duas espécies. Em *D. arifolia* essa sobreposição ocorreu em 10% dos 42 cenantos analisados em casa de vegetação. Em *D. bonijesu* as flores pistiladas e estaminadas da área central se abriam simultaneamente, seguidas pelas flores pistiladas e estaminadas das bordas do cenanto (Tabela 2).

Biologia dos cenantos e das flores – A duração do cenanto e de suas diferentes fases (jovem, feminina, masculina e de frutificação) foi longa nas espécies estudadas (Tabelas 1 e 2). Em *D. arifolia* observou-se que os cenantos bissexuais, sem sobreposição de fases (tipo I, Figura 5A) duraram, em média, 100 dias e os unissexuais (tipo II), 35 dias (Tabela 1). Em *D. bonijesu*, a duração dos cenantos variou entre aqueles sem sobreposição de fases sexuais (duração média foi de 86 dias, Figura 5B) e com sobreposição de fases (duração média de 68 dias) (Tabela 2).

A fase jovem dos cenantos, caracterizada pelas flores em botão, durou em média 23 a 25 dias (Tabelas 1 e 2). Essa fase finalizou-se com a exposição das flores pistiladas, ou seja, do estilete e estigmas ainda fechados (pré-antese, que durou cerca de três dias), sinalizando o início da fase feminina.

Na antese das flores pistiladas, os estigmas permaneceram afastados entre si e receptivos por vários dias (Tabelas 1 e 2). Nessa fase, observou-se o crescimento do cenanto de *D. arifolia* e do pedúnculo de ambas as espécies. As flores pistiladas dos cenantos bissexuais de *D. arifolia* apresentaram características peculiares, tais como a modificação da coloração na porção distal do estigma, após a fecundação (Figura 5A) e o retorno do estilete e estigmas aos alvéolos, ficando novamente imersos (Figura 5 A). Essa movimentação foi comum entre as flores mais centrais do cenanto.

A duração da fase masculina foi longa nas duas espécies, mas variou em função do tipo de cenanto (*D. arifolia*, Tabela 1), ou em função da ocorrência ou não de sobreposição das fases sexuais (*D. bonijesu*, Tabela 2). Em ambas as espécies,

o período de maturidade dos estames que compõem uma flor foi assincrônica, ou seja, um estame ficava ereto, expunha a antera e liberava o pólen; em seguida, o outro estame iniciava o processo (Figura 6). Essa diferença na maturidade permite a coexistência de pólen em diferentes fases de desenvolvimento. Assim, enquanto um dos estames apresentava filete ereto e uma das anteras com microgametófito binucleado, o outro se encontrava com o filete curvo e podia apresentar diversas fases imaturas como, por exemplo, saco polínico contendo células-mãe de andrósporo em diferentes fases (meiose II).

Os grãos de pólen de ambas as espécies são pequenos (8 μm) e possuem um padrão bastante similar de ornamentação da exina. A porcentagem de grãos de pólen cujo citoplasma corou foi alta em *D. arifolia*. Nos cenantos bissexuais obteve-se 80 a 82% de grãos corados; nos unissexuais, 85 a 90%. Em *D. bonijesu*, observou-se que 95% dos grãos de pólen coraram com carmim acético, o que indica o alto potencial de viabilidade.

Nas duas espécies foi possível observar os vários estádios da androsporogênese, incluindo: as células-mãe de andrósporos, as tétrades de andrósporos, os andrósporos livres e os andrófitos; as células pareciam morfológicamente íntegras, sem aparência disforme ou vazia, confirmando o potencial de viabilidade observado através da técnica de coloração.

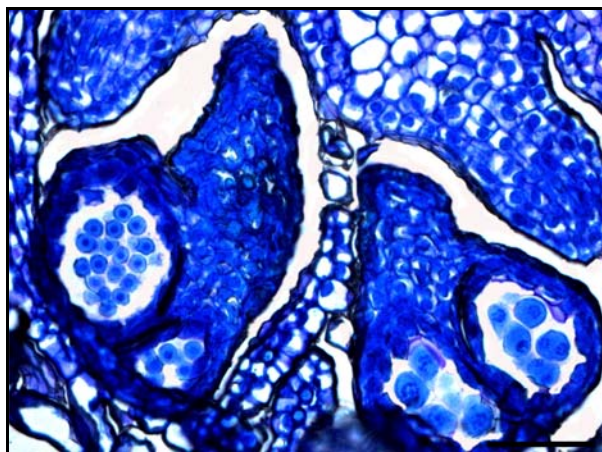


Figura 6 - Seção transversal da flor estaminada de *D. arifolia* mostrando as diferentes fases do desenvolvimento do pólen. Na antera, à direita, observa-se o saco polínico contendo células-mãe de andrósporo em diferentes fases (meiose II) enquanto o pólen pode ser observado na antera à esquerda. Barra = 40x.

Associação entre as alterações morfológicas dos cenantos e as funções reprodutivas – As variações morfológicas dos cenantos das espécies estudadas estiveram associadas às suas fases sexuais e à frutificação e dispersão dos diásporos. Tanto em *D. arifolia*, quanto em *D. bonijesu*, o diâmetro dos cenantos aumentou gradativamente até a frutificação (Tabelas 1 e 2).

Cenantos bissexuais (tipo I) de *D. arifolia* sofreram alterações morfológicas de modo a formar uma “plataforma de pouso”, durante a antese das flores. Essa plataforma resultou da projeção da porção inferior do cenanto que adquiriu uma posição horizontal, e funcionou como um local de pouso para os polinizadores. Posteriormente, durante a frutificação, as bordas do cenanto ficaram ligeiramente reflexas para a liberação dos frutos, que foram ejetados balisticamente. Entretanto, essas alterações nas bordas não ocorrem em todos os cenantos.

A variação morfológica nos cenantos unissexuais (tipo II) de *D. arifolia* foi pequena e observável principalmente nas bordas (brácteas). Durante a fase jovem, as brácteas permaneciam dobradas (com o ápice voltado para o centro do cenanto). Na ocasião da antese das flores estaminadas iniciavam um movimento de abertura. No momento da liberação do pólen, as brácteas ficavam radialmente estendidas, de modo que estes cenantos lembravam um desenho esquemático do sol. Após o término da antese das flores estaminadas, os cenantos “sol” (tipo II) não apresentaram nenhuma outra variação morfológica acentuada até a sua queda.

Os cenantos de *D. bonijesu*, comumente, sofreram variações morfológicas durante as diferentes fases de floração e frutificação. No final da fase jovem, quando as flores pistiladas estavam expondo os estigmas ainda unidos, parte dos cenantos mantinha a forma tubular (infundibuliformes; Figura 2A). Estes cenantos se abriam, paulatinamente, expondo os estigmas até que, no início da fase masculina, apresentavam a forma de “taça rasa” (Figura 2B). Alguns cenantos não passavam por este processo e permaneciam tubulares. Nesse caso, durante a fase masculina e até a frutificação, ficavam com as bordas reflexas. Essas variações ocorreram tanto em cenantos que apresentaram sobreposição das fases femininas e masculinas quanto naqueles sem sobreposição das fases sexuais.

As variações morfológicas dos cenantos de *D. bonijesu* também estavam relacionadas à estratégia de dispersão dos frutos. Os cenantos que permaneciam tubulares se enchiam de água, durante as fortes chuvas, de modo que os frutos, quando maduros, eram liberados na água e não ejetados. Esses frutos eram liberados quando os cenantos, cedendo ao peso, se tombavam derramando a água. Logo após, o cenanto retornava à posição inicial. Em um cenanto foi possível observar que esse processo se repetiu. Os cenantos em forma de “taças rasas” expulsaram balisticamente a maioria dos seus frutos.

Tanto em *D. arifolia* quanto em *D. bonijesu* foi observado que uma pequena porcentagem de frutos (~10%) permanecia retida no cenanto, independente das suas variações morfológicas, até que este tombasse na serapilheira.

DISCUSSÃO

A produção de dois tipos de cenantos em *D. arifolia*, bissexual (tipo I) e unissexual masculino (tipo II), é inédita em espécies de *Dorstenia*. Nos cenantos bissexuais, a proporção de flores pistiladas e estaminadas, é extremamente variável (1:5 até 1:8), porém sempre menor que 1:10. Considerando que nos cenantos unissexuais só se encontram flores estaminadas (e eventualmente pistilódios), *D. arifolia* possui a mais alta proporção de flores estaminadas dentre as espécies estudadas nesse aspecto. A mais alta proporção de flores havia sido registrada em *D. contrajerva* (0,35 ou >1:10; Granville 1971). Provavelmente, os cenantos unissexuais podem produzir mais flores estaminadas que os cenantos bissexuais porque seus recursos não são utilizados para a produção de frutos, conforme observado por Bawa (1980) para *Jacaratia dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricaceae). O elevado número de flores estaminadas pode significar maiores chances de dispersão de pólen, por atrair polinizadores que buscam esse recurso e, conseqüentemente, realizam o fluxo gênico (veja Capítulo 5).

Este estudo mostrou que os cenantos das espécies estudadas apresentam variações na sua forma durante as funções reprodutivas. Essas variações significam importantes implicações ecológicas (discutidas a seguir) e esclarecem as divergências sobre as descrições morfológicas dos cenantos observadas na literatura taxonômica (Carauta & Valente 1983, Berg 2001).

A capacidade de alteração morfológica dos cenantos provavelmente tem um componente genético e deve estar relacionado com os tipos de tecido que o compõe: o tecido parenquimático constituído por células de paredes delgadas e o aerênquima, cujos espaços podem ser preenchidos. Ambos são capazes de sofrer aumento ou diminuição de volume, criando pontos de variação na pressão osmótica. Essa capacidade foi observada em tecidos do fruto, dos dois tipos de cenanto, e respondem pelo mecanismo de dispersão dos diásporos (Granville 1971). Os cenantos unissexuais de *D. arifolia*, que apresentam os mesmos tipos de tecido, por não frutificarem, sofrem apenas pequenas variações morfológicas, que favorecem a exposição das flores estaminadas em antese. Diante do exposto, pode-se inferir que as variações morfológicas estão relacionadas à dispersão (pólen e diásporos).

A dispersão hidrocórica, verificada em *D. bonijesu*, não havia sido descrita na literatura e amplia as estratégias de dispersão das dorstenias, anteriormente consideradas apenas como autocóricas (mais detalhes em Schleuss 1958 citado por Granville 1971). A autocoria permite uma distância de disseminação máxima entre cinco e sete metros e está relacionada à variação de pressão osmótica nas células

que compõem o mesocarpo (Granville 1971). Granville (1971) observou outra estratégia de dispersão em *Dorstenia astyanactis* Aké-Assi denominada por ele de dispersão “tipo *D. astyanactis*”. Nessa espécie, a variação de pressão osmótica é válida, porém os frutos não são projetados e permanecem presos ao cenanto. Na hidrocoria, observada em *D. bonijesu*, os frutos não ficavam presos ao cenanto. Eles foram expulsos para o “reservatório de água”, formado no interior dos cenantos tubulares. Provavelmente, a expulsão para a água necessita de uma variação de pressão osmótica intermediária entre as estratégias anteriores (a autocoria, que exige maior variação de pressão e a dispersão “tipo *D. astyanactis*”, com menor variação de pressão). Há necessidade de estudar essa modalidade de disseminação e avaliar sua real contribuição na dispersão de *D. bonijesu*.

A epiderme dos cenantos de *D. arifolia* e *D. bonijesu* é coberta por tricomas glandulares e não-glandulares, similares entre si. Entretanto, *D. bonijesu* apresentou um tipo de tricoma diferenciado nos cenantos e brácteas o que não ocorre com as espécies de dorstenias paleotropicais cujo indumento é totalmente similar (Hijman 1980). É necessário desenvolver estudos morfo-anatômicos nas diversas espécies neotropicais.

O papel dos tricomas não-glandulares em flores ou inflorescências é controverso uma vez que eles podem proteger as partes florais, inclusive os tricomas glandulares, contra herbívoros e patógenos e, também, atrair os polinizadores (Wercker 2000). Os tricomas glandulares, por sua vez, podem produzir substâncias atrativas ou repelentes, como sugerido em *Lavandula officinalis* (Wercker 2000). Em algumas espécies existe uma clara separação na disposição dos tricomas nas partes florais, conforme sua função de proteção ou atração, como observado em *Cannabis sativa* (Mahlberg et al. 1984), *Majorana siriaca* e espécies de *Salvia* (Werker et al. 1985). Nas dorstenias estudadas observou-se alta densidade de tricomas nas faces abaxial e adaxial do cenantos. Entretanto não ocorreu variação na disposição espacial dos diferentes tipos de tricomas encontrados; suas funções são desconhecidas. Segundo Miller (1994), na maioria das espécies de plantas, o papel do indumento floral permanece por ser esclarecido.

A morfologia floral de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* assemelha-se com a das demais espécies de *Dorstenia* (Granville 1971, Carauta 1978, Berg 2001). Esses dados confirmam a uniformidade da morfologia das flores dessas plantas e demonstram a importância da morfologia dos cenantos para a identificação das espécies, confirmando o proposto por Berg (2001). Entretanto, algumas características funcionais das flores pistiladas de *D. arifolia* foram descritas pela primeira vez: a alteração da coloração dos estigmas após a polinização e o seu

recolhimento secundário aos alvéolos, durante a antese das flores estaminadas. Após o recolhimento, o cenanto bissexual fica semelhante ao unissexual e a ausência dos estiletes e estigmas deve favorecer a dispersão do pólen e maximizar a função masculina conforme discutido por Lloyd (1983) e Da-Yong (2006).

D. arifolia e *D. bonijesu* apresentaram dicogamia protogínica, descrita em muitas espécies de *Dorstenia* (Carauta 1978, Berg 2001, Fig. 5A, B). A dicogamia é um traço floral que envolve a separação temporal entre as fases de doação e recepção do pólen em flores hermafroditas ou em inflorescências com flores unissexuais (Richards 1992, Bertin & Newman 1993). A protoginia é um dos padrões da dicogamia e ocorre quando a função feminina (flores pistiladas receptivas) antecede à masculina (liberação do pólen) (Kudo 2006). Esta separação intrafloral das funções femininas e masculinas promove a xenogamia (fecundação cruzada), especialmente em espécies autocompatíveis, e pode aumentar o sucesso reprodutivo de ambas as funções (Lloyd & Webb 1986).

A sobreposição das fases femininas e masculinas em *D. bonijesu* indica que a protoginia pode ser parcial. Um estudo realizado com 60 indivíduos de *D. bonijesu*, em casa de vegetação, apontou que 20% das plantas apresentaram cenantos com sobreposição das fases (Araújo et al. 2007). Durante a sobreposição, as anteras produzem microgametófitos viáveis (pólen maduro) e os estigmas encontram-se receptivos, possibilitando a autopolinização.

O exposto anteriormente sobre a protoginia parcial em *D. bonijesu* é válido para *D. arifolia*. Nessa espécie, a sobreposição de fases sexuais nos cenantos (intra-cenanto) ocorreu em baixa frequência (<20%). Entretanto, como existem dois tipos de cenantos em um mesmo indivíduo, pode ocorrer antese simultânea de flores pistiladas (em cenantos bissexuais) e estaminadas (em cenantos unissexuais), favorecendo a geitonogamia (*sensu* Richards, 1997), além da xenogamia.

A duração longa dos cenantos de *D. arifolia* e de *D. bonijesu* contribui para a efetivação das funções feminina e masculina, além de aumentar as chances de polinização (*cf.* Seres & Ramirez 1995). Os cenantos atuam como uma unidade de polinização (pseudanto), assim como os capítulos das Asteraceae e as espádices das Araceae (Proctor et al. 1996), todos apresentando longos períodos de duração, pequenas flores que se abrem gradativamente, e dicogamia.

A duração da fase masculina mais prolongada que a feminina, nos pseudantos das espécies, foi contrária ao observado em outras espécies com flores unissexuais (veja Primack 1985), embora ambas as fases sejam longevas. A longevidade da fase feminina pode estar associada à baixa previsibilidade da polinização (Burd 1994), e implica em êxito reprodutivo feminino (Stanton et al. 1987,

Lloyd 1989, Barret & Harder 2006). A longa duração da fase masculina, com a liberação assíncrona do pólen em uma mesma flor, contribui para atração dos polinizadores, bem como para o sucesso reprodutivo da função masculina (veja Harder & Aizen 2004). O custo da longa duração das fases e da receptividade prolongada é o perigo de chegada de pólen inapropriado ao estigma (Shore & Barret 1984) e o aumento da probabilidade de danos causados por herbívoros ou patógenos aos cenantos e flores (Khadari et al. 1995, Kudo 2006). Em *D. bonijesu*, o dano devido a herbivoria por moluscos, e a ação de patógenos foi considerável (Araújo & Vieira 2006).

A longa duração da receptividade dos estigmas de *D. arifolia* e *D. bonijesu* pode ser comparada à de espécies polinizadas pelo vento (Primack 1985). A polinização por vento é caracterizada por várias adaptações florais, que aumentam a probabilidade de encontro dos gametas, neste sistema de transporte passivo do pólen (Whitehead 1983, Stelleman 1984). Essas adaptações incluem a longevidade da fase feminina (Khadari et al. 1995) e a liberação explosiva do pólen (ausente em *Dorstenia*), observada na tribo Moreae (Berg 2001, Bawa & Crisp 1980). Esta tribo possui representantes fortemente relacionados com os de Dorstenieae (Datwyler & Weiblen 2004) e indicam que a longa duração da receptividade pode ser um traço herdado de um ancestral polinizado por vento e não uma nova adaptação, como sugerido por Khadari et al. (1995) para *Ficus carica* e *F. aurea*.

BIBLIOGRAFIA

- Araújo L.M., Vieira M.F., Godoy A.G. 2007. Biologia reprodutiva de *Dorstenia bonijesu* – Moraceae. *Albertoia* 28: 197-204.
- Araújo L.M., Vieira M.F. 2006. Efeitos da ação de patógenos e de predadores na reprodução de *Dorstenia bonijesu* Carauta & Valente (Moraceae), espécie rara e ameaçada de extinção. In: LVII Congresso Nacional de Botânica, v. CD.
- Barret S.C.H., Harder L.D. 2006. David G. Lloyd and the evolution of floral biology: from natural history to strategic analysis. In: *Ecology and evolution of flowers*. Harder L.D. & Barret S.C.H. (eds) Oxford, New York.
- Bawa K.S. 1980. Mimicry of male by female flowers and intrasexual competition for pollinators in *Jacaratia dolichaula* (D. Smith) Woodson (Caricaceae). *Evolution* 34: 467-474.
- Bawa K.S., Crisp J.E. 1980. Wind-pollination in the under-storey of a rain forest in Costa Rica. *Journal of Ecology* 68: 871-876.
- Berg C.C. 2001. Moreae, Artocarpeae and *Dorstenia* (Moraceae) with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to *Flora Neotropica Monograph 7*. *Flora Neotropica Monograph 83*. New York Botanical Garden, New York.
- Berg C.C. 2005. Moraceae diversity in a global perspective. In: *Plant diversity and complexity patterns: local, regional and global dimensions*. Ed. Balslev. Academic Press, London.

- Berg C.C., Carauta J.P.P. 1985. Two new species of *Dorstenia* (Moraceae) from East Brazil. Ser. C, Biology and Medicine Science. 88: 261-265.
- Bertin R.I., Newman C. N. 1993. Dichogamy in angiosperms. Botanical Review 59: 112.
- Bozzola J.J., Russel L.D. 1992. Electron Microscopy: principles and technique for biologists. 2nd ed. Jones & Bartlet Publishers, Sudbury MA, USA.
- Burd M. 1994. Bateman's principle and plant reproduction: the role of pollen limitation in fruit and seed set. Botanical Review 60: 83-139.
- Carauta J.P.P. 1978. *Dorstenia* L. (Moraceae) do Brasil e países limítrofes. Rodriguesia 44: 53-223.
- Carauta J.P.P., Castro M.W. 1982. Plantas em perigo de extinção: *Dorstenia*. Flora - alguns estudos - I. Série Trabalhos Técnicos n.º. 1/82: 29-65. Cadernos FEEMA, Rio de Janeiro.
- Carauta J.P.P., Valente M.C., Suvre D.B. 1974. *Dorstenia* L. (Moraceae) dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro. Rodriguesia 39: 225-295.
- Carauta J.P.P., Valente M.C. 1983. *Dorstenia* L. (Moraceae). Notas complementares IV. Atas da Sociedade Botânica do Brasil 1: 111-122.
- Da-Yong Zhang. 2006. Evolutionarily stable reproductive investment and sex allocation in plants. In: Ecology and evolution of flowers. Harder L.D., Barret C.H (ed). Oxford University Press, New York.
- Dafni A., Firmage D. 2000. Pollen viability and longevity: practical, ecological and evolutionary implications. Plant Systematics and Evolution 222: 113-132.
- Dafni A., Kevan P.G., Husband B.C. 2005. Practical pollination biology. Enviroquest Cambridge, USA.
- Datwyler S.L., Weiblen G.D. 2004. On the origin of the figs: phylogenetic relationship of Moraceae from NDHF sequences. American Journal of Botany 91: 767-777.
- Granville J.J. 1971. Notes sur la biologie florale de quelques espèces du genre *Dorstenia* (Moracées). Cah. ORSTOM, Sér. Biol., 15: 61-97.
- Harder J., Aizen M.A. 2004. The functional significance of synchronous protandry in *Alstroemeria aurea*. Functional Ecology 18: 467-474.
- IBAMA 1998. Lista de espécies ameaçadas de extinção. www. Ibama@.gov.br.
- IUCN- The World Conservation Union. 1997. Red list of threatened plants. Gland, Switzerland.
- Hijman M.E.E. 1980. Frutescent species of the genus *Dorstenia* L. (Moraceae) in the paleotropics. Bulletin du Jardin Botanique National de Belgique 50: 331-357.
- Johansen D.A. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company Inc., New York.
- Kadari B, Gibernau M, Anstett MC, Kjellberg F, Hossaert-McKely M. 1995. When figs wait for pollinators: the length of fig receptivity. American Journal of Botany 82: 992-999.
- Kudo G. 2006. Flowering phonologies of animal pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection. In: Ecology and evolution of flowers. Harder L.D. & Barret S.C.H. (eds). Oxford, New York.
- Lloyd D.G. 1983. Evolutionary stable sex ratios and sex allocations. Journal of Theoretical Biology 105: 525-539.
- Lloyd D.G., Webb C.J. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in angiosperms. I. Dichogamy. New Zealand Journal of Botany 24: 135-162.
- Lloyd D.G. 1989. The reproductive ecology of plants and eusocial animals. In: Grubb P.J., Whittaker J.B. (eds). Blackwell, Oxford, UK, USA.
- Mahlberg P.G., Hammond C.T., Turner J.C., Hemphill J.K. 1984. Structure development and composition of glandular trichomes of *Cannabis sativa* L. In: Biology and chemistry of plant trichomes. Rodriguez E., Healey P.L., Mehta I (eds). Plenum Press, London.

- Meyers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., Fonseca G.A.B., Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 24: 853-858.
- Miller G.A. 1994. Functional significance of inflorescence pubescence in tropical alpine species of *Puya*. In: Tropical alpine environments – plant form and function. Rundel P.W., Smith A. P., Memzer F.C. (eds). Blackwell, Oxford, UK USA.
- O'Brien T.P., McCully M.E. 1981. The study of plant structure principles and select methods. Termarcaphi Pty. Ltda, Melbourne.
- Primack R.B. 1985. Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals, and single flowers. In: The population structure of vegetation. White T (ed.). Dordrecht.
- Proctor M., Peter Y., Andrew L. 1996. The natural history of pollination. Portland, Oregon.
- Richards A.J. 1986. Plant breeding systems. 1nd ed. Allen & Unwin, London.
- Richards A.J. 1997. Plant breeding systems. 2nd ed. Allen & Unwin, London.
- Seres A., Ramirez N. 1995. Biología floral y polinización de algunas monocotiledóneas de un bosque nublado Venezolano. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 82:61-81
- Shore J.S., Barret S.C.H. 1984. The effect of pollination intensity and incompatible pollen on seed set in *Turnera ulmifolia* (Turneraceae). *Canadian Journal of Botany* 62: 1298-1303.
- Stelleman P. 1984. Reflections on the transition from wind pollination to ambophily. *Acta Botanica Neerland* 33: 497-508.
- Stanton M.L., Berezky J.K., Hasbrouck H.D. 1987. Pollination thoroughness and maternal yield regulation in wild radish *Raphanus raphanistrum* (Brassicaceae). *Oecologia* 74: 68-76.
- Werker E. 2000. Trichome diversity and development. In: Advances in Botanical Research – incorporating advances in plant pathology. Vol 31. Plant Trichomes. Hallahan D.L., Gray J.C. (eds); Callow J.A (series ed.). Academic Press London
- Werker E., Ravid U., Putievsky E. 1985. The essential oils and glandular hairs in different chemotypes of *Origanum vulgare* L. *Annals of Botany* 55: 793-801.
- Whitehead D.R. 1983. Wind pollination: some ecological and evolutionary perspectives. In: Pollination biology. Real L. (ed) Academic Press. London.

CAPÍTULO 2

ESTRUTURA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES DE *DORSTENIA* (MORACEAE) NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

RESUMO

Nos fragmentos estudados, *D. arifolia* e *D. bonijesu* formam pequenas populações sujeitas a diferentes graus de perturbação. Pequenas populações sofrem maiores riscos de extinção e estudos demográficos são fundamentais para a sua preservação. Objetivou-se descrever o padrão distribuição de *D. arifolia* e *D. bonijesu*, na Zona da Mata mineira. Buscou-se comparar o desempenho demográfico das espécies nos seus respectivos fragmentos: o de *D. arifolia*, localizado no município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W) e o de *D. bonijesu*, no município de Viçosa (20°46' e 20°50' S e 42°51' e 42°49'W). Para *D. bonijesu* considerou-se a hipótese da influência da umidade (distância do curso de água) sobre os parâmetros vegetativos (número de folhas, altura do pecíolo e área foliar) e reprodutivos dos indivíduos (porcentagem de frutos produzidos). A contagem das plantas adultas e plântulas de *D. arifolia* foi realizada durante os anos de 2006 e 2007, em uma área permanente de 156 m². Esse local é cortado por uma trilha de modo que foram dispostos quadrados de 1x1m ao longo de 13 metros na trilha e adentrando por 12 metros na mata. O levantamento demográfico de *D. bonijesu* foi conduzido nos seus dois locais de distribuição: um distante da água cerca de 1 km (local 1) e outro junto de uma nascente (local 2). Foram dispostos quadrados de 1x1m ao longo de transectos e todas as plantas adultas e plântulas foram registradas. As amostragens foram realizadas no fim da estação seca (setembro de 2006) e no fim da estação chuvosa (março de 2007). As áreas amostradas foram de 144 m² na estação seca e 221 m², na chuvosa; no local 2, foram, respectivamente, 120 e 140 m². O tamanho da área amostral dependeu do posicionamento das plantas limítrofes. O padrão de distribuição dos indivíduos foi calculado através dos índices de Morisita (Id) e Morisita padronizado (Ip). Foram listadas 634 plantas de *D. arifolia* em 2006 e 585 no ano de 2007. A perda de indivíduos ocorreu em resposta ao pisoteio de gado que invadiu a área de estudo. No primeiro levantamento foram encontradas 62 parcelas sem nenhuma planta, o que representou cerca de 60% da área amostrada, e 15 parcelas com mais de 15 plantas, cobrindo 10% da área amostrada, mais distante da trilha; o número de indivíduos nas demais parcelas variou de 01 a 15. Em 2007, o número de parcelas vazias aumentou junto à trilha percorrida pelo gado; o número de parcelas com mais de 15 plantas, entretanto, permaneceu o mesmo. Não foram registradas plântulas. O padrão de distribuição agregado foi confirmado pelos valores do índice de Morisita (ID) e índice de Morisita padronizado (Ip) para os dois anos de estudo. Para de *D. bonijesu*, foram listadas, em 144 m², 38 plantas, no local distante da água (local 1), durante a estação seca. O máximo de plantas encontradas em uma mesma parcela foi quatro, o que representou menos de 1% da área amostrada. Durante a estação chuvosa, foram encontradas 317 plantas em 221m² e até 11 plantas por parcela. No local 2, próxima à nascente, foram contabilizadas 162 plantas em 120m² amostradas no período seco, e 268 plantas em 140m² amostrados no período úmido. Os dados apontaram para o padrão agregado das plantas nos dois locais amostrados e em ambas as estações. O padrão das plântulas variou de agregado, próximo da nascente e aleatório no local distante da nascente. Em ambas as estações, os indivíduos situados próximos da nascente produziram maior número de folhas, pecíolos mais longos e maiores áreas foliares, quando comparados aos indivíduos distantes da água. Os parâmetros reprodutivos, calculados através da produção de diásporos, variaram entre os anos analisados (2005 a 2006). No ano de 2005, a produção de diásporos foi significativamente maior na área próxima da água; em 2006, não ocorreu variação significativa na frutificação, entre os dois locais.

ESTRUTURA POPULACIONAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ESPÉCIES AMEAÇADAS DE *DORSTENIA* (MORACEAE) NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

INTRODUÇÃO

Dorstenia (Dorstenieae: Moraceae) possui 105 espécies e distribuição pantropical (Berg 2001). Na região Neotropical, o gênero se divide em dois grandes domínios definidos pela distribuição de *Dorstenia brasiliensis* Lamarck (Domínio do Sudeste, com centro no leste do Brasil) e *D. contrajerva* Linnaeus (Domínio do Nordeste com centro na América Central e Antilhas) (Berg 2001). Essas espécies são as mais amplamente distribuídas do gênero. A grande maioria das espécies, inclusive as neotropicais, possui exigências ecológicas restritas e, por isso, ocupam pequenas áreas geográficas (Berg 2001). Frequentemente ocorrem em uma única localidade e muitas vezes em baixas densidades (Carauta & Castro 1982, Carauta & Valente 1983), o que permite considerar o gênero como raro, segundo a classificação de raridade de Rabinowits et al. (1986).

No Brasil, existem 37 espécies de *Dorstenia* que ocorrem em vários biomas (Carauta 1978, Araújo et al. 2007), mas predominam na Floresta Atlântica, seriamente ameaçada devido à ação antrópica (Meyers et al. 2000). Em Minas Gerais, a destruição dos remanescentes da Floresta Atlântica foi e continua intensa. A Zona da Mata mineira, por exemplo, apresentava extensa cobertura vegetal que ligava o Vale do Rio Doce ao Rio Paraíba (Valverde 1958) e atualmente restam apenas pequenos fragmentos que sofrem constante invasão de gado, cortes e queimadas (Maragon et al. 2003, Ribon 2005).

As espécies estudadas, *Dorstenia arifolia* Lamarck e *D. bonijesu* Carauta & Valente, são herbáceas, endêmicas da Floresta Atlântica, e ocupam áreas úmidas e sombreadas do sub-bosque, em geral, ao longo de cursos de água. *D. arifolia* é considerada como vulnerável (IBAMA 1998), mas na Zona da Mata mineira já desapareceu de várias áreas devido ao desmatamento ilegal das matas ciliares. *D. bonijesu* apresenta distribuição restrita a apenas quatro localidades nos estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (dois locais; Araújo et al. 2007) e encontra-se em risco de extinção segundo Carauta & Valente (1983).

Nos fragmentos estudados, *D. arifolia* e *D. bonijesu* formam pequenas populações sujeitas a diferentes graus de perturbação. Pequenas populações sofrem maiores riscos de extinção e estudos demográficos são fundamentais para a sua preservação (Primack & Rodrigues 2001). O conhecimento da estrutura

populacional dessas espécies é indispensável para uma correta avaliação sobre sua capacidade de permanência no hábitat.

As espécies, de plantas ou animais, apresentam padrões intrínsecos de distribuição que podem ser definidos como a descrição quantitativa da distribuição dos indivíduos na comunidade (Ludwig 1979 citado por Malhado & Petrere 2004). Dentre os três tipos de padrões básicos existentes (agrupado, aleatório ou uniforme), o agrupado é o mais comum (Pielou 1977, Begon et al. 1996, Krebs 1999). Porém, o grau de agrupamento apresenta variações porque os indivíduos tendem a formar grupos de diferentes tamanhos em uma mesma população (Begon et al. 1996, 2006).

A distribuição espacial das espécies é afetada por suas estratégias reprodutivas assexuadas ou sexuadas (van der Pijl 1982), dentre outros fatores ecológicos (veja Begon et al. 2006). A capacidade de formar clones (reprodução assexuada) ou a estratégia de dispersão dos diásporos estão entre os fatores que promovem e, ou mantêm um dado padrão de distribuição. A escala da distribuição espacial, por sua vez, pode ter importantes implicações para a evolução das estratégias de polinização das plantas (Ackerman 1986). A densidade de indivíduos floridos nas populações poderá afetar as taxas de fecundação cruzada e, conseqüentemente, a variabilidade genética de algumas espécies (Vaquero et al. 1989, Watkins & Levin 1990, Murawski & Hamrick 1991, Van Treuren et al. 1993, Fuchs et al 2003). Esses e outros fatores associados, tais como, as interações interespecíficas e a qualidade do hábitat, são capazes de determinar a permanência de populações das espécies em uma dada área (Leite 2001, Liu & Koptur 2003, Petrú & Menges 2004).

Este trabalho teve por objetivo descrever o padrão distribuição de *D. arifolia* e *D. bonijesu*. Buscou-se comparar o desempenho demográfico das espécies nos seus respectivos fragmentos. Para *D. bonijesu* considerou-se a hipótese da influência da umidade (distância do curso de água) sobre os parâmetros vegetativos (número de folhas, altura do pecíolo e área foliar) e reprodutivos dos indivíduos (porcentagem de frutos produzidos).

MATERIAL E MÉTODOS

Espécies estudadas – *Dorstenia arifolia* possui rizomas aromáticos e caule aéreo de tamanho variável (até 1,5 m). Suas folhas possuem pecíolo delgado, lâmina inteira ou pinatífida. O cenanto é piloso e de cor verde ou roxa (Carauta 1978, Berg 2001). *D. arifolia* se reproduz sexuada (capítulo 4) e assexuadamente (clonal); sua floração e frutificação ocorrem durante todo o ano (Carauta 1978, capítulo 3). Essa espécie não apresenta caducifolia (perda de folhas).

Dorstenia bonijesu possui rizomas pequenos (5,0-7,0 cm) e, em geral, não apresenta caule aéreo; eventualmente pode-se observar a presença de um caule aéreo curto (até 6,0 cm). As folhas são simples, de forma pseudodígito-trifoliolada. Os cenantos são verdes, infundibuliformes ou em forma de “taça rasa” (Carauta & Valente 1983, Berg 2001). Essa espécie não forma clones e é apomítica facultativa (capítulo 4); sua floração e frutificação acontecem durante a estação chuvosa (capítulo 3). Na estação seca, a maior parte das plantas tornam-se subterrâneas, permanecendo invisíveis no hábitat, uma vez que perdem as folhas e os rizomas ficam totalmente enterrados no solo (Araújo et al. 2007, capítulo 3).

Material testemunho das espécies encontra-se depositado no Herbário VIC (*Dorstenia arifolia*: 30.136, 30.137 e 30.138; *Dorstenia bonijesu*: 30.133, 30.134 e 30.135).

Áreas de estudo – Este trabalho foi conduzido na Zona da Mata de Minas Gerais, em dois fragmentos remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso et al. 1991), pertencente aos domínios da Floresta Atlântica (Rizzini, 1992).

Dorstenia arifolia encontra-se em área de mata ciliar, no município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W). A área representa um fragmento cercado por plantação de *Eucalyptus* sp e pastos. A espécie está distribuída junto a um córrego, na forma de três pequenas áreas (manchas) próximas, porém não contíguas (Figura 1A) cortadas por trilhas abertas pelo gado que invade o fragmento recorrentemente (obs. pess.).

Dorstenia bonijesu encontra-se em um fragmento florestal denominado Estação Experimental de Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPETEA-MP; 20°48'07"S e 42°51'31"W). O fragmento (Figura 1B) possui cerca de 195 ha., pertence à Universidade Federal de Viçosa (UFV) e está localizado no município de Viçosa (20°45'14"S e 42°52'55"W) (Ribon 2005). *D. bonijesu* encontra-se em dois locais distantes entre si (1,0 Km aproximadamente) cortados por uma

trilha destinada à visitação pública. Um dos locais fica junto a nascente e o outro distante da água.

O clima da região é subtropical moderado úmido, com chuvas concentradas no período de outubro a março (Leal Filho 1992). As temperaturas médias giram entre 19°C e 22°C e a umidade relativa entre 75 a 85% (Castro 1980, Leal Filho 1992).

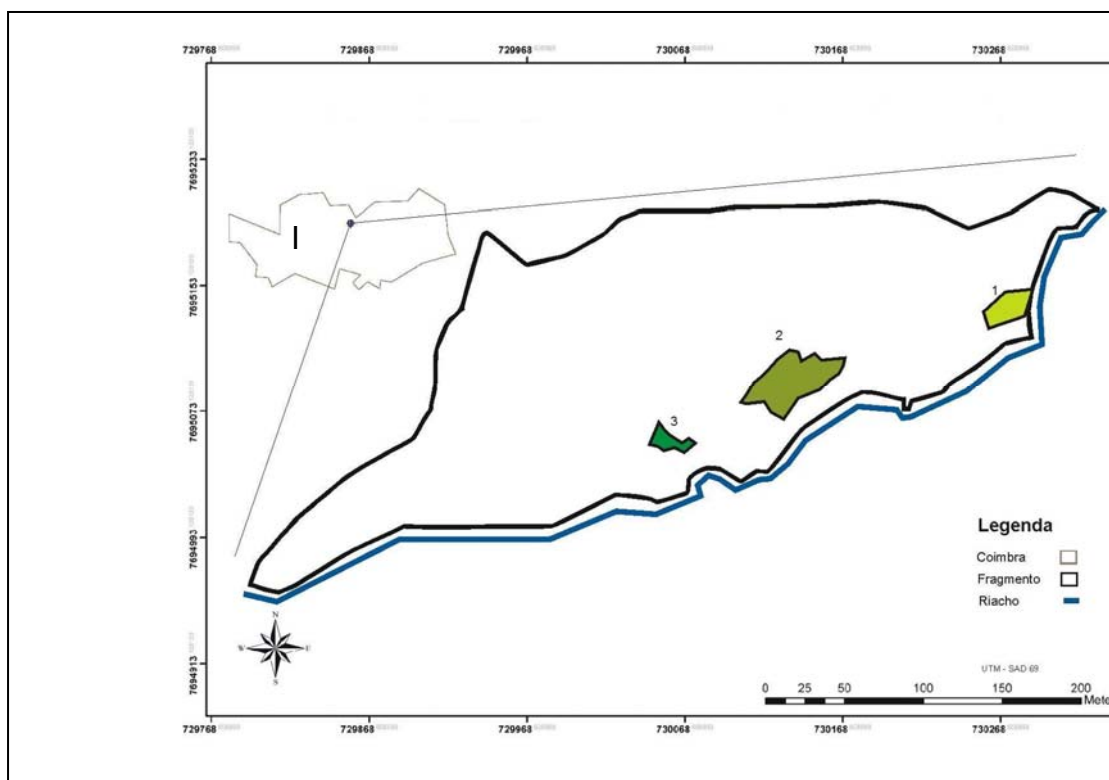


Figura 1 A - Área de distribuição de *Dorstenia arifolia* (em verde). A população se encontra próxima do curso de água (linha azul). No detalhe a esquerda (I), o município de Coimbra, Zona da Mata mineira.

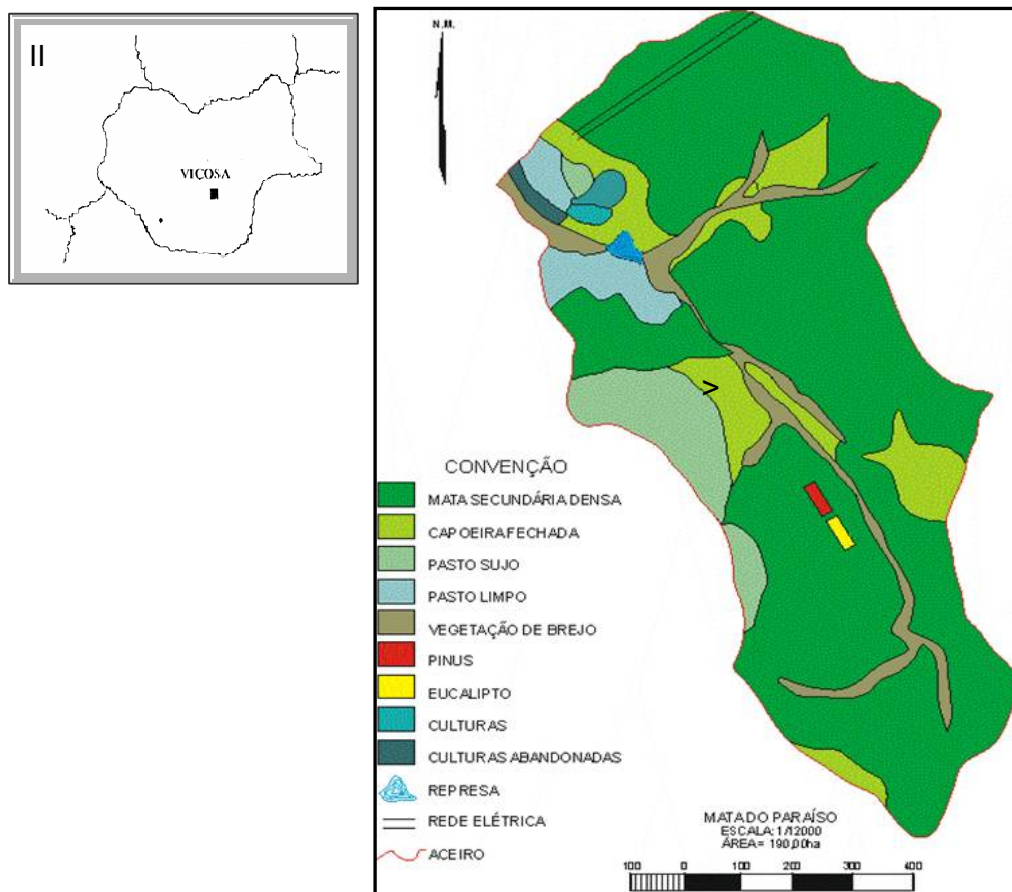


Figura 1 B - Localização das populações de *Dorstenia*: Área de distribuição de *Dorstenia bonijesu* (>). No detalhe a esquerda, (II) o município de Viçosa, Zona da Mata mineira.

Padrão de distribuição – Todo o remanescente da mata ciliar aonde se encontra *D. arifolia* foi percorrido e delimitado. A área total obtida para o fragmento foi de sete hectares. O limite dos locais de distribuição da espécie foi determinado com a ajuda de um GPS (Garmim) (Figura 1A).

A contagem das plantas adultas e plântulas de *D. arifolia* foi realizada durante os anos de 2006 e 2007, em uma área permanente de 156 m², inserida no maior local de distribuição dessa espécie, dentre os três existentes no fragmento (Figura 1A). Esse local é cortado por uma trilha de modo que foram dispostos quadrados de 1x1m ao longo de 13 metros na trilha e adentrando por 12 metros na mata. Nos demais locais também foi verificada a presença ou a ausência de plântulas.

O levantamento demográfico de *D. bonijesu* foi conduzido nos seus dois locais de distribuição: um distante da água cerca de 1 km (local 1) e outro junto de uma nascente (local 2). As amostragens foram realizadas no fim da estação seca (setembro de 2006) e no fim da estação chuvosa (março de 2007). Caminhou-se nos

locais delimitando os pontos de ocorrência das plantas limítrofes com a ajuda de um GPS (Garmim). A seguir foram dispostos quadrados de 1x1m ao longo de transectos e todas as plantas adultas e plântulas foram registradas. No local 1, as áreas amostradas foram de 144 m² na estação seca e 221 m², na chuvosa; no local 2, foram, respectivamente, 120 e 140 m². O tamanho da área amostral dependeu do posicionamento das plantas limítrofes.

Para comparar a resposta das plantas de *D. bonijesu* à distância da água, marcou-se 22 plantas, onze em cada local. Em julho (estação seca) e dezembro (estação chuvosa) de 2005, contou-se o número de folhas e mediu-se o pecíolo e a área foliar. Também foram coletados cenantos, nos dois locais, para avaliação do número de frutos obtidos na polinização natural dos anos de 2005 (21 cenantos) e 2006 (15).

O padrão de distribuição dos indivíduos foi calculado através dos índices de Morisita (I_d) e Morisita padronizado (I_p) (Krebs 1989, 1999). Os valores dos índices variam (I_d entre 0 e 1 e I_p entre +0,5 e -0,5) e indicam o tipo de padrão de distribuição: agrupado ($I_d > 1$; $p \geq 0,5$), aleatório ($I_d < 1$; I_p entre -0,5 e +0,5) e uniforme ($I_d = 1$; $I_p \leq -0,5$). Os parâmetros vegetativos e reprodutivos foram comparados através do teste T (nível de significância de 0,05).

RESULTADOS

Foram listadas 634 plantas de *D. arifolia* em 2006 e 585 no ano de 2007 na área amostral (156 m²). A perda de indivíduos ocorreu em decorrência do pisoteio de gado que invadiu a área de estudo. No primeiro levantamento foram encontradas 62 parcelas sem nenhuma planta, o que representou cerca de 60% da área amostrada, e 15 parcelas com mais de 15 plantas, cobrindo 10% da área amostrada (a que se localizava mais distante da trilha); o número de indivíduos nas demais parcelas variou de 01 a 15. Em 2007, o número de parcelas sem representantes de *D. arifolia* aumentou junto à trilha percorrida pelo gado; o número de parcelas com mais de 15 plantas, entretanto, permaneceu o mesmo. O padrão de distribuição agregado foi confirmado pelos valores do índice de Morisita (I_D) e índice de Morisita padronizado (I_p) para os dois anos de estudo (Tabela 1). Não foram registradas plântulas nas três áreas.

Tabela 1 - Padrão de distribuição de *Dorstenia arifolia*, nos anos de 2006 e 2007. Os índices utilizados foram: Morisita e Morisita padronizado (Ip). Área amostrada = 156 m².

Período (anos)	Índice de Morisita	Índice de Morisita padronizado (Ip)
2006	2,20	0,5
2007	1,97	0,5

Foram listadas 38 plantas de *D. bonijesu* no local distante da água (local 1), durante a estação seca (Tabela 2). Nesse período, a área ocupada foi de 144 m² e o máximo de plantas encontradas em uma mesma parcela foi quatro, o que representou menos de 1% da área amostrada. Durante a estação chuvosa, foram encontradas 317 plantas distribuídas em 221 m² (Tabela 2) e até 11 plantas por parcela. No local 2, próxima à nascente, foram contabilizadas 162 plantas em 120 m² amostradas no período seco, e 268 plantas em 140 m² amostrados no período úmido (Tabela 2). O número máximo de plantas encontradas por parcela foi de dez, na estação seca, e doze, na chuvosa. As plântulas só foram encontradas no período chuvoso; computou-se 18 plântulas no local mais distante da água e oito plântulas no local próximo da água. Os dados apontaram para o padrão agregado das plantas nos dois locais amostrados e em ambas as estações. O padrão das plântulas variou de agregado, próximo da nascente e aleatório no local distante da nascente (Tabela 2).

Tabela 2 - Padrão de distribuição de plantas e plântulas de *Dorstenia bonijesu* calculado através dos índices de Morisita (Id) e Morisita padronizado (Ip), nas estações seca (setembro de 2006) e chuvosa (março de 2007)

Local	Estação	Área amostrada (m ²)	Plantas (Nº)	Id	Ip	Plântulas (Nº)	Id	Ip
1*	seca	144	38	3,48	0,5	00	-	-
	chuvosa	221	317	1,98	0,5	18	2,18	0,32
2**	seca	120	162	2,59	0,5	00	-	-
	chuvosa	140	268	2,11	0,5	08	12,5	0,56

* distante da nascente; ** próximo da nascente

Os parâmetros vegetativos analisados para *D. bonijesu* variaram em função da umidade (distância da nascente) e entre as estações (Tabela 3). Os indivíduos situados próximos da nascente produziram maior número de folhas, pecíolos mais longos e áreas foliares maiores, quando comparados aos indivíduos situados

distantes da água, em ambas as estações. O tamanho das plantas de um mesmo local (medida do comprimento do pecíolo e área foliar) apresentou variações não significativas entre os períodos seco e chuvoso (2005). Os parâmetros reprodutivos, calculados através da produção de diásporos, variaram entre os anos. No ano de 2005, a produção de diásporos foi significativamente maior na área próxima da água; em 2006 não ocorreu variação significativa na frutificação, entre os dois locais (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação entre parâmetros vegetativos (número de folhas, comprimento do pecíolo - cm, área foliar - cm²) e reprodutivos (número de frutos produzidos) de *Dorstenia bonijesu* em dois locais de ocorrência, no município de Viçosa, Minas Gerais.

Parâmetros	Ano	Locais de ocorrência			
		1 (distante da água)		2 (próximo da água)	
		Estação do ano			
		Seca	Chuvosa	Seca	Chuvosa
Folhas	2005	19	23	28	32
Área foliar ($\bar{X} \pm SD$)		123, 41 $\pm$ 39,9 ^{Aa}	302,01 $\pm$ 29,3 ^{Bc}	1943,36 $\pm$ 91.3 ^{Ab}	2643,11 $\pm$ 125,02 ^{Bd}
Pecíolo ($\bar{X} \pm SD$)		7,33 $\pm$ 2,84 ^{Aa}	9,03 $\pm$ 1,69 ^{Aa}	13,36 $\pm$ 0,66 ^{Bb}	13,94 $\pm$ 0,87 ^{Bb}
Frutos ($\bar{X} \pm SD$)	2005	0	64,60 $\pm$ 26,37 ^A	0	123,07 $\pm$ 24,79 ^B
	2006	0	77,27 $\pm$ 23,28 ^A	0	99,50 $\pm$ 29,54 ^A

Comparação entre as estações (letras maiúsculas) e entre populações (letras minúsculas). Valores seguidos por letras iguais não são significativos (Teste t; p<0,05).

DISCUSSÃO

Dorstenia arifolia e *D. bonijesu* apresentaram padrão de distribuição agregado, considerado o mais comum entre as plantas (Pielou 1977, Krebs 1999, Malhado & Petrere 2004, Begon et al. 2006). No Brasil, estudos foram realizados em espécies arbóreas e confirmaram o predomínio da distribuição agregada no cerrado (Oliveira et al. 1989, Meirelles & Barreto 1995), porém o padrão aleatório predominou entre as arbóreas da Amazônia (Rossi & Higuchi 1998).

Existem vários índices para análise da distribuição (veja em Krebs 1999 e Malhado & Petrere 2004). Dentre eles, o mais amplamente utilizado tem sido o índice de dispersão de Morisita (Oliveira et al. 1989, Meirelles & Barreto 1995, Rossi & Higuchi 1998) e uma das razões alegadas é que este índice é pouco afetado pelo

tamanho da unidade amostral (Rossi & Higuchi 1998, Malhado & Petrere 2004). Os índices de dispersão de Morisita (Id) e Morisita padronizado (Ip) foram utilizados para a detecção do padrão de *D. arifolia* e *D. bonijesu*, uma vez que ocorreram alterações no tamanho das suas áreas durante o período de estudo. Os dados indicaram que os índices foram adequados para a detecção do padrão embora o Ip tenha sido o melhor, pois permaneceu constante apesar da variação no tamanho das áreas amostrais.

Dorstenia arifolia e *D. bonijesu* apresentaram em comum, além do padrão agregado, a ocupação diferencial de hábitat. Os indivíduos apresentavam maior densidade em alguns quadrados em detrimento de outros, dentro da área total ocupada. Esse comportamento pode ser explicado pela heterogeneidade ambiental que gera micro-áreas adequadas e inadequadas para o crescimento e reprodução das plantas (mais detalhes em Crawley 1986, Olejnickzak 2003, Begon et al. 1996, 2006). Entretanto, na área de *D. arifolia*, a invasão do gado, comum nos fragmentos da Zona da Mata (Ribon 2005), representou uma interferência que forçou a ocupação diferencial, independente da qualidade das micro-áreas. Algumas plantas desapareceram de quadrados ocupados anteriormente e, portanto, adequados ao seu desenvolvimento. A abertura de espaços, decorrentes de distúrbios, permite nova ocupação por plântulas (reprodução sexuada) ou mesmo por rebroto (reprodução assexuada) (Hunter 1993, Petrú & Menges 2004). Dentre esses quadrados, observou-se que algumas plantas rebrotaram, porém nenhuma plântula foi encontrada.

A ausência de plântulas de *D. arifolia* deve ser resultante da sua propagação clonal (formação de unidades modulares *sensu* Lincoln et al. 1998) (capítulo 4). Um trabalho de revisão realizado em espécies que investem em crescimento clonal e reprodução sexuada, Eriksson (1989, 1996) observou que em 60% das 68 analisadas, não produziram plântulas em manchas já estabelecidas. Segundo Olejnickzak (2001, 2003), entre espécies que podem reproduzir sexuada e vegetativamente, há uma clara separação entre as micro-áreas para o desenvolvimento: as unidades modulares são produzidas no entorno da planta mãe e as plântulas só podem se desenvolver em novas áreas. Estudos realizados com herbáceas tolerantes à baixa intensidade luminosa (Bierzzychudek 1982) mostraram a separação de micro-áreas de desenvolvimento como observado em *D. arifolia*.

O investimento diferencial de recursos para o crescimento clonal (reprodução assexuada) e formação de sementes (reprodução sexual) vem sendo amplamente discutido na literatura (Gadgil & Solbrig 1972, Newell & Tramer 1978, Tuomi & Vuorisalo 1989, Reekie 1991, Nishitani & Kimura 1993, Olejnickzak 2001, Winkler &

Fischer 2002). O gasto relativo com a produção vegetativa eventualmente aumenta para permitir a persistência do clone, sob condições adversas (Gadgil & Solbrig 1972, Newell & Tramer 1978), tais como as que se encontram as áreas de ocorrência de *D. arifolia*. Por isso, *D. arifolia* aparece como uma espécie adequada para análise sobre investimento diferencial de recursos em crescimento clonal e formação de sementes, e também para testar as previsões de modelos de distribuição. Para isso é fundamental proteger o fragmento no qual se encontra.

Dorstenia bonijesu não investe em formação de unidades modulares e se dispersa através de sementes (capítulo 4). A estrutura populacional dessa espécie variou entre os locais estudados, principalmente em relação ao número de plântulas. No local próximo da água, o padrão das plântulas foi o agregado, semelhante à distribuição de plantas adultas, e na área distante da água observou-se uma distribuição aleatória. A agregação de plântulas em locais próximos de água também foi observada em orquídea (*Mesadenella cuspidata*) por Budke et al. (2004). A distribuição espacial de sementes e plântulas depende da interação entre quatro fatores (Crawley 1986). Primeiro, a forma como as plantas produtoras de sementes estão localizadas no espaço, em um dado período. Segundo, o padrão da chuva de sementes ao redor de cada planta-mãe e que pode ser afetado pela atividade de agentes dispersores. Terceiro, o comportamento de forrageio de herbívoros (que comem as sementes e, ou as plântulas). Finalmente, a distribuição espacial de locais adequados à germinação (“locais seguros”, segundo Harper 1977). A influência desses fatores pode responder pelos diferentes padrões das plântulas de *D. bonijesu*. Entretanto, os resultados obtidos nesse trabalho também devem ser analisados à luz dos diversos modelos de distribuição (Janzen 1970, Connell 1971, Hubbell 1980, Augspurger 1980). Para isso, é necessário ampliar o enfoque temporal, acompanhando as diversas coortes, conforme trabalhado por Augspurger (1980).

O maior tamanho das plantas de *D. bonijesu*, considerando a altura do pecíolo das folhas e área foliar, foi registrado no local próximo da água. Maior tamanho de área foliar relaciona-se com maior capacidade fotossintética que contribui para a obtenção de taxas de crescimento rápido (Garnier 1992, Reich et al. 1992) e maior “turnover” de partes de plantas. Essas características concorrem para maior flexibilidade de respostas à variação de luz e recursos do solo (Grime 1994 apud Westoby et al. 1997). Trabalhos desenvolvidos em casa de vegetação comprovaram a capacidade de crescimento rápido dos indivíduos de *D. bonijesu* sob condições mais constantes de suprimento de água (Araújo et al. 2007).

Por outro lado, baixos valores de área foliar, como observados nos indivíduos situados distantes da nascente, são considerados como características que fazem parte de uma síndrome de adaptação a sítios pouco favoráveis (Grime 1977, Reich et al. 1992, Chapin et al. 1993, Westoby et al. 1997, 2002). Essa capacidade de resposta diante de variações ambientais sugere que *D. bonijesu* possui plasticidade fenotípica suficiente para permitir a ampliação de sua área de distribuição no local de estudo. Outras espécies raras também apresentam essa plasticidade adaptativa (Quintana-Ascêncio et al. 2007).

A maior abundância de indivíduos de *D. bonijesu*, durante a estação chuvosa, nos dois locais, reforça a importância da umidade para a espécie. A influência da luz também é considerável; durante o período chuvoso a quantidade de folhas no dossel é alta e o sombreamento é maior (Pezzopane 2001). No período seco, muitas árvores perdem as folhas e a incidência luminosa aumenta (Pezzopane 2001). Em resposta a esses fatores, as plantas perdem as folhas, o que aparentemente altera seu padrão de distribuição durante a estação seca. Com o rebroto observado na estação chuvosa, observou-se a ocorrência de um grande número de indivíduos em alguns quadrados (dez ou mais plantas) em detrimento de outros, como observado em *D. arifolia*. Esse padrão pode ser resultado da disponibilidade de micro-áreas adequadas para a espécie, conforme proposto por Begon et al. (2006) e discutido anteriormente. Essa especificidade de hábitat parece influir na distribuição da grande maioria das dorstenias neotropicais (Carauta 1978, Berg 2001).

Em *D. bonijesu* existem pequenas populações que são disjuntas (Carauta & Valente 1983, Berg 2001) e, por isso, a reprodução freqüentemente ocorre entre indivíduos de uma mesma área de ocorrência. Isso indica que a deriva genética pode ser uma fonte de diferenciação interpopulacional importante, como já observado para populações de algumas espécies de orquídea (Tremblay 1997, Tremblay & Ackerman 2001). Sendo assim, a organização espacial dos indivíduos pode servir de base para hipóteses sobre o mecanismo de diferenciação das populações. Estudos posteriores com ênfase neste enfoque podem contribuir para o esclarecimento da sistemática do gênero.

BIBLIOGRAFIA

- Ackerman J.D. 1986. Coping with the epiphytic existence: pollination strategies. *Selbyana* 9: 52-60.
- Araújo L.M., Vieira M.F., Godoy A.G. 2007. Biologia reprodutiva de *Dorstenia bonijesu* – Moraceae. *Albertoa* 28: 197-204.
- Augsburger C.K. 1984. Seedling survival of tropical tree species: interactions of dispersal distance, light-gas, and pathogens. *Ecology* 65: 1705- 1712.
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Oxford.
- Begon M., Townsend C.R., Harper J.L. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Blackwell Science, Oxford.
- Berg C.C. 2001. Moreae, Artocarpeae and *Dorstenia* (Moraceae) with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to *Flora Neotropica* Monograph 7. *Flora Neotropica* Monograph 83. New York Botanical Garden, New York, USA.
- Bierzzychudek, P. 1982. Life histories and demography of shade-tolerant temperate forest herbs: a review. *New Phytologist* 90: 757-776.
- Budke J.C., Giehl E.L.H., Athayde E.A., Záchia R.A. 2004. Distribuição espacial de *Mesadenella cuspidate* (Lindl.) Garay (Orchidaceae) em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, RS, Brasil. *Acta Botânica Brasílica* 18:31-35.
- Carauta J.P.P. 1978. *Dorstenia* L. (Moraceae) do Brasil e países limítrofes. *Rodriguésia* 44: 53-223.
- Carauta J.P.P., Castro M.W. 1982. Plantas em perigo de extinção: *Dorstenia*. *Flora – Alguns Estudos-I. Série Trabalhos Técnicos* n°. 1/82: 29-65. Cadernos FEEMA, Rio de Janeiro.
- Carauta J.P.P., Valente M.C. 1983. *Dorstenia* L. (Moraceae). Notas complementares IV. *Atas da Sociedade Botânica do Brasil* 1: 111-122.
- Castro P.S. 1980. Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG. Dissertação de Mestrado. 107p. ESALQ, Piracicaba, SP.
- Connell J.H. 1971. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain Forest trees. *In* *Dynamics of Populations*. den Böer, P.J. & Gradwell, G.R., eds. Center for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen.
- Crawley M.J. 1986. *Plant Ecology*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Ericksson O. 1989. Seedlings dynamics and life history in clonal plants. *Oikos* 55: 231-266.
- Ericksson O. 1996. Regional dynamics of plants: a review of evidence for remnant, source-sink and metapopulations. *Oikos* 77: 248-258.
- Fuchs E.J., Lobo J.A., Quesada M. 2003. Effects of Forest fragmentation and flowering on the reproductive success and mating patterns of the tropical dry forest tree *Pachira quinata*. *Conservation Biology* 17: 149-157.
- Gadgil M., Solbrig O.T. 1972. The concept of r- and k-selection: evidence from wild owers and some theoretical considerations. *American Naturalist* 106: 14-31.
- Garnier E. 1992. Growth analysis of congeneric and perennial grass species. *Journal of Ecology* 80: 665-675.
- Grime J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist* 111: 1169-1194.
- Harper J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press, New York, USA.
- Hubbell S.P. 1980. Seed predation and coexistence of tree species in tropical forests. *Oikos* 35: 214-229.

- Hunter C.L. 1993. Genotypic variation and clonal structure in coral populations with different disturbance histories. *Evolution* 47: 1213-1228.
- IBAMA. 1998. Lista de espécies ameaçadas de extinção - [www. Ibama @.gov.br](http://www.ibama.gov.br).
- Janzen D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist* 104: 501-528.
- Krebs C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers, New York.
- Krebs C.J. 1999. *Ecological methodology*. 2nd. A. Wesley Longman, NY, USA.
- Leal-Filho N. 1992. Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma sucessão vegetal na Zona da Mata de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, 116p. UFV, Viçosa, MG.
- Leite E.J. 2001. Spatial distribution patterns of riverine forest taxa in Brasília, Brazil. *Forest Ecology and Management* 140: 257-264.
- Lincoln R., Boxshall G., Clark P. 1998. *A dictionary of ecology, evolution and systematics*. 2nd. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- Liu H., Koptur S. 2003. Breeding system and pollination of a narrowly endemic herb of the lower Florida keys: impacts of urban wildland interface. *American Journal of Botany* 90: 1180-1187.
- Malhado A.C.M., Petreire Jr M. 2004. Behavior of dispersal indices in pattern detection of a population of Angico (*Anadenanthera peregrine*, Leguminosae). *Brazilian Journal of Biology* 64: 243-264.
- Marangon L.C., Soares J.J., Feliciano A.P. 2003. Florística arbórea da mata da Pedreira, Município de Viçosa, MG. *Revista Árvore* 27: 207-215.
- Meirelles M.L., Barreto L.A.F. 1995. Padrões espaciais de árvores de um cerrado em Brasília DF. *Revista Brasileira de Botânica* 18: 185-189.
- Meyers N., Mittermeir C.G., Fonseca G.A.B., Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 24: 853-858.
- Murawski D.A., Hamrick J.L. 1991. The effect of density of flowering individuals on the mating system of nine tropical trees species. *Heredity* 67: 167-174.
- Newell S.J., Tramer E.J. 1978. Reproductive strategies in herbaceous plant communities during succession. *Ecology* 59: 228-234.
- Nishitani S., Kimura M. 1993. Resource allocation to sexual and vegetative reproduction in a forest herb *Syneilesis palmate* (Compositae). *Ecological Resource* 8: 173-183.
- Olejnickzak P. 2001. Evolutionarily stable allocation to vegetative and sexual reproduction in plants. *Oikos* 95: 156-160.
- Olejnickzak P. 2003. Optimal allocation to vegetative and sexual reproduction in plants: the effect of ramet density. *Evolutionary Ecology* 17: 265-275.
- Oliveira P.E.A.M., Ribeiro, J.F., Gonzáles M.I. 1989. Estrutura e distribuição espacial de uma população de *Kielmeyera coriacea* Mart. de cerrados de Brasília. *Revista Brasileira de Botânica* 12: 39-47.
- Petrú M., Menges E.S. 2004. Shifting sands in Florida scrub gaps and roadsides: a dynamic microsite for herbs. *American Midland Naturalist* 151: 101-113.
- Pezzopane J.E.M. 2001. Caracterização micro-climática, ecofisiológica e fitossociológica em uma floresta estacional semidecidual secundária, em Viçosa, MG. Tese de doutorado, 225 p. UFV, Viçosa, MG.
- Pielou E.C. 1977. *Mathematical Ecology*. 2nd. Wiley NY, USA.
- Primack R B., Rodrigues E. 2001. *Biologia da conservação*. Londrina. Paraná.
- Quintana-Ascêncio P.F., Weekley C.W., Menges E.C. 2007. Comparative demography of a rare species in Florida scrub and road habitats. *Biological Conservation* 137: 263-270.
- Rabinowits D., Cairns S., Dillon T. 1986. Sevens forms of rarity and their frequency in the flora of the British Isles. In *Conservation biology the science of scarcity and diversity*. Ed Soulé ME.

- Ribon R. 2005. Demarcação de uma grade de trilhas no Centro de Pesquisas da Mata do Paraíso. Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* 1: 151-158.
- Rizzini C.T. 1992. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Editora Âmbito Cultural Ltda., São Paulo, SP.
- Reich P.B., Walters M.B., Ellsworth D.S. 1992. Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs* 63: 365-392.
- Reekie E.G. 1991. Cost of seeds versus rhizome production in *Agropyron repens*. *Canadian Journal of Botany* 69: 2678-2683.
- Rossi L.M., Higuchi M. 1998. Aplicação de métodos de análise do padrão espacial em oito espécies arbóreas da floresta tropical úmida. IN: Floresta Amazônica: dinâmica regeneração e manejo. Gascon C, Moutinho P (eds) CNPq/IMPA, Manaus, AM, Brasil.
- Tremblay R.L. 1997. Distribution patterns of individuals in nine species of *Lepanthes* (Orchidaceae). *Biotropica* 29: 38-45.
- Tremblay R., Ackerman J. 2001. Gene flow and effective population size in *Lepanthes* (Orchidaceae): a case for genetic drift. *Biological Journal of Linnean Society* 72: 47-62.
- Tuomi J., Vuorisalo T. 1989. What are the units of selection in modular organisms? *Oikos* 54: 227-233.
- Valverde O. 1958. Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia* 20: 3-79.
- Van der Pijl L. 1982. The principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, NY. USA.
- Van Treuren R., Ouborg N.J., van Delden W. 1993. The effects of population size and plant density on outcrossing rates in locally endangered *Salvia pratensis*. *Evolution* 47: 1094-1104.
- Vaquero F., Vences F.J., Garcia P., Ramirez L., Vega M.P. 1989. Mating system in rye: variability in relation to the population and plant density. *Heredity* 62: 17-26.
- Veloso H.P., Rangel-Filho A.L.R., Lima J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE: Rio de Janeiro, RJ.
- Warburton C.L., James E.A., Fripp Y.J., Trueman S.J., Wallace H.M. 2000. Clonality and sexual reproductive failure in remnant populations of *Snatalum lanceolatum* (Santalaceae). *Biological Conservation* 96: 45-54.
- Watkins L., Levin D.A. 1990. Outcrossing rates as related to plant density in *Phlox drummondii*. *Heredity* 65: 81-89.
- Westoby M., Leishman M.R., Lord J. 1996. Comparative ecology of seed size and dispersal. *Philosophical Transaction of the Royal Society. London. Series B* 351: 1309-1318.
- Westoby M., Falster D.S., Moles A.T., Vesik D.A., Wright I.J. 2002. Plant Ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Reviews of Ecology and Systematic* 33: 125-159.
- Winkler E., Fischer M. 2002. The role of vegetative spread and seed dispersal for optimal life histories of clonal plants: a simulation study. *Evolutionary Ecology* 15: 281-301.

CAPÍTULO 3

FENOLOGIA DE *DORSTENIA arifolia* E *D. bonijesu* (MORACEAE), ESPÉCIES ENDÊMICAS DA FLORESTA ATLÂNTICA

RESUMO

Este estudo descreve os padrões fenológicos de duas espécies endêmicas da Floresta Atlântica, *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* (Dorstenieae: Moraceae). Buscou-se relacionar os eventos fenológicos a fatores abióticos (pluviosidade e temperatura) e comparar as espécies quanto à sincronia na floração individual e sincronia entre as populações. O estudo foi realizado no período de setembro de 2005 a abril de 2007 (*D. arifolia*) e junho de 2004 a abril de 2006 (*D. bonijesu*). Foram realizadas observações mensais das fenofases em diferentes manchas de distribuição das plantas (dois locais para cada espécie). *D. arifolia* produziu, continuamente, folhas e cenantos com apenas flores; não houve correlação significativa destas fenofases com os fatores abióticos no período de 2005 e 2006. Entre 2006 e 2007, ocorreram alterações na emissão de folhas e cenantos; observou-se correlação positiva e significativa com a pluviosidade e temperatura no período. *D. bonijesu* apresentou um único padrão fenológico ao longo do período estudado e nos dois locais analisados: a espécie perde as folhas na estação seca e fria. A emissão foliar e de cenantos apresentaram correlações significativas com a pluviosidade e temperatura, nos dois locais estudados. A frutificação, nas duas espécies ocorreu na estação chuvosa e apresentou correlação positiva com a pluviosidade e a temperatura em todas as áreas de distribuição das plantas. A floração foi o evento fenológico de maior duração nas duas espécies e nos locais estudados. Os dados apontaram altos valores para a sincronia de floração entre os indivíduos e entre as populações de *D. arifolia* e *D. bonijesu*.

FENOLOGIA DE *DORSTENIA arifolia* E *D. bonijesu* (MORACEAE), ESPÉCIES ENDÊMICAS DA FLORESTA ATLÂNTICA

INTRODUÇÃO

A fenologia pode ser definida como o estudo dos eventos biológicos periódicos, tais como as fenofases vegetativas (folhas) e reprodutivas (floração e frutificação), que estão associadas às variações climáticas (Primack 1985). A associação entre a intensidade das fenofases e o período de atividade pode facilitar a análise e a interpretação do comportamento fenológico das espécies, além de influenciar as diferentes interações entre as plantas e animais, especialmente a polinização.

A fenologia reprodutiva é uma característica chave da história de vida das plantas porque controla a exposição de flores e de frutos às variáveis bióticas e abióticas que influenciam o sucesso reprodutivo (Kudo 1993, 2006). Dentre as interações bióticas, a predação tem papel relevante. Em um trabalho de revisão, van Shaik et al. (1993) sugerem que as plantas podem reduzir herbivoria através da sincronização das atividades fenológicas. Apesar disso, o papel dos fatores abióticos é considerado como o mais importante (van Shaik et al. 1993). Fatores climatológicos como a pluviosidade influenciam a floração em florestas estacionais (van Shaik et al. 1993). Entretanto, alguns pesquisadores têm postulado que a limitação sazonal do período de floração e os padrões fenológicos são determinados por restrições filogenéticas e fortemente influenciados pela forma de vida, sendo independentes de fatores bióticos ou abióticos (Wright & Calderon 1995).

A fenofase de floração pode ser considerada como uma estratégia reprodutiva, uma vez que algumas variações nas características fenológicas são geneticamente determinadas (Weiss & Kossler 2004). A importância da fenologia da floração como estratégia reprodutiva tem, contudo, sido objeto de debate (Rathcke & Lacey 1985, Ollerton & Lack 1992, Fox & Kelly 1993, Kudo 2006).

A fenologia da floração pode ser estudada em diferentes níveis de organização. Na abordagem individual, a flor ou a inflorescência é a unidade básica de floração (Primack 1985), que pode ser definida em função do número de flores e sua longevidade (Augspurger 1983). Na abordagem populacional, a floração é definida pelos componentes individuais e inclui o tempo de início do evento e sua duração (Augspurger 1983, Kudo 2006). A floração na comunidade representa as fenologias combinadas das espécies constituintes (Primack 1985, Kudo 2006).

Os tipos de floração, sincrônica ou assincrônica, resultam em diferentes benefícios para as plantas. Quando ocorre sincronismo, a atração de polinizadores e dispersores de sementes pode ser mais efetiva e aumentam as chances de ocorrência da polinização cruzada (Rathcke & Lacey 1985). A floração assincrônica promove o movimento de polinizadores e dispersores de sementes dentro da própria população e reduz o risco de expor as sementes e plântulas a condições inadequadas à germinação ou estabelecimento (Rathcke & Lacey 1985, Marquis 1988).

Dorstenia (Dorstenieae: Moraceae) ocorrem em sub-bosques sombreados de diversas formações florestais, geralmente distribuídas ao longo de cursos de água (Carauta 1978, Berg 2001). Observações preliminares sobre a fenologia de algumas espécies tais como, *Dorstenia arifolia* Lamarck indicaram uma tendência à floração contínua (Carauta 1978). Entretanto, observações preliminares realizadas em *D. bonijesu* Carauta & Valente, em casa de vegetação, apontaram para a concentração da fenofase reprodutiva durante a estação chuvosa (Araújo et al. 2007).

O objetivo desse estudo foi analisar a fenologia de duas espécies herbáceas endêmicas da Floresta Atlântica e que se distribuem em habitats úmidos e sombreados do sub-bosque: *Dorstenia arifolia* Lamarck e *Dorstenia bonijesu* Carauta & Valente. Essas espécies ocorrem em fragmentos florestais, na Zona da Mata mineira, e encontram-se distribuídas em manchas distantes entre si (Capítulo 2). Foram levantadas as seguintes questões: a) como se caracterizam as fenofases vegetativas e reprodutivas das espécies?; b) ocorre sincronia de floração entre as manchas de distribuição das plantas de cada espécie? e c) há relação entre as fenofases das espécies e fatores abióticos?

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo – O estudo foi conduzido em dois remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso et al. 1991), pertencente aos domínios da Floresta Atlântica (Rizzini 1992). O clima da região é subtropical moderado úmido, com chuvas concentradas no período de outubro a março (Leal Filho 1992). As temperaturas médias giram entre 19°C e 22°C e a umidade relativa entre 75% a 85% (Castro 1980, Leal Filho 1992); as médias anuais de precipitação variam em torno de 1.345 mm (Romanoviski 2005).

Dorstenia arifolia encontrava-se em área de mata ciliar, no município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W). A população estava distribuída em três locais,

formando três manchas, que eram cortadas por uma trilha (Capítulo 2). Os trabalhos foram realizados entre 2005 e 2007.

Dorstenia bonijesu encontrava-se em uma área denominada Estação Experimental de Treinamento e Educação Ambiental Mata do Paraíso (EPETEA-MP: 20°48'07"S e 42°51'31"W) pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). A população de *D. bonijesu* estava distribuída em forma de duas manchas. Uma mancha ocupando um local próximo à nascente e outra mais distante da água em aproximadamente, 1,0 Km. As duas manchas são cortadas por uma trilha destinada à visitação pública (Capítulo 2). Os trabalhos foram realizados de 2004 a 2007.

Espécies estudadas – *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* possuem raízes filiformes, rizomas escamosos, folhas dispostas em espiral (a rosuladas), estípulas persistentes e cenantos com margens providas de brácteas deltóides e foliáceas (Carauta & Valente 1983, Berg 2001). As flores ficam inseridas em lojas carnosas, denominadas alvéolos (Carauta 1978); as pistiladas ficam mergulhadas em alvéolos profundos e as estaminadas, em alvéolos rasos (Carauta 1978, Carauta & Valente 1983).

As duas espécies ocorrem em áreas úmidas e sombreadas de sub-bosques da Floresta Atlântica, no sudeste brasileiro (Carauta & Valente 1983, Berg 2001). *D. arifolia* é considerada espécie vulnerável (IBAMA 1988). Na Zona da Mata mineira já desapareceu de várias áreas, devido ao desmatamento ilegal das matas ciliares ou à invasão de gado nas matas remanescentes, correndo sério risco de extinção na microrregião de Viçosa. *D. bonijesu* apresenta distribuição restrita a apenas quatro localidades nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo (uma população cada) e Minas Gerais (duas populações) (Araújo et al. 2007) e encontra-se em risco de extinção segundo Carauta & Valente (1983).

Material testemunho das espécies encontra-se depositado no Herbário VIC (*Dorstenia arifolia*: 30136, 30137 e 30138; *Dorstenia bonijesu*: 30133, 30134 e 30135).

METODOLOGIA – Em *D. arifolia* e *D. bonijesu* foram realizadas avaliações qualitativas para constatar a presença ou ausência de folhas (foliação), flores e frutos (fenofases reprodutivas) em 50 indivíduos, 25 para cada espécie. Esse método, denominado “índice de atividade”, indica a porcentagem de indivíduos que manifesta um determinado evento fenológico (Bemcke & Morellato 2002). Utilizou-se a correlação de Spearman (r_s) para relacionar os fatores abióticos (pluviosidade e

temperatura) com as fenofases vegetativa (emissão de folhas) e reprodutiva (emissão de cenantos ou floração).

Além disso, foram acompanhadas 20 plantas de *D. arifolia*, de dois locais (local 1 e 2) distantes entre si em cerca de 600 m (10 plantas para cada local). O mesmo procedimento foi realizado para *D. bonijesu* (10 plantas por local). Para todas as plantas foi avaliada a sincronia de floração individual e populacional, segundo a metodologia de Augspurger (1983). A sincronia individual é obtida a partir da soma dos dias que um dado indivíduo permaneceu florido com a soma dos dias de floração dos demais indivíduos da população estudada (Quadro 1). A sincronia da população, em cada local, foi obtida através da soma de todos os dias floridos e de todos os indivíduos, na população estudada (Quadro 2). Neste trabalho, o termo população foi utilizado com o sentido de amostra populacional (manchas), pois devido à proximidade dos locais de distribuição, é possível que as plantas, de cada espécie, formem uma única população.

Quadro 1 - Fórmula para o cálculo da sincronia, de um dado indivíduo em relação aos outros, em uma mesma população, segundo Augspurger (1983).

$$X_i = (1/n-1) (1/f_i) \sum e_{j \neq i}$$

X_i = índice de sincronia para um indivíduo i onde:

e_j = número de dias que os indivíduos i e j estão florindo sincronicamente ($j \neq i$)

f_i = número de dias que o indivíduo i está em floração,

n = número de indivíduos na população

Quando X for igual a 1, significa que ocorre sincronia perfeita (todos os dias de floração do indivíduo i se sobrepõem aos dias de floração dos outros indivíduos).

Quando X for igual a zero, a sincronia não ocorre.

Quadro 2 - Fórmula para o cálculo da sincronia da população, segundo Augspurger (1983). Z = índice de sincronia para a população.

$$Z = 1/n \sum x_i$$

X_i - refere-se à sincronia do indivíduo i com todos os outros da população.

A precipitação total e a temperatura média, para o período de estudo, estão apresentadas na Figura 1. Os meses de novembro e janeiro concentraram 75% da precipitação anual efetiva (849,6 mm) registradas na EPETEA-MP, em 2004 e 2005 (Oliveira-Junior & Dias 2005). Os dados climatológicos obtidos foram coletados na

Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no município de Viçosa, e foram considerados válidos para a área estudada que está situada cerca de 20 km de Viçosa, no município de Coimbra (população de *D. arifolia*).

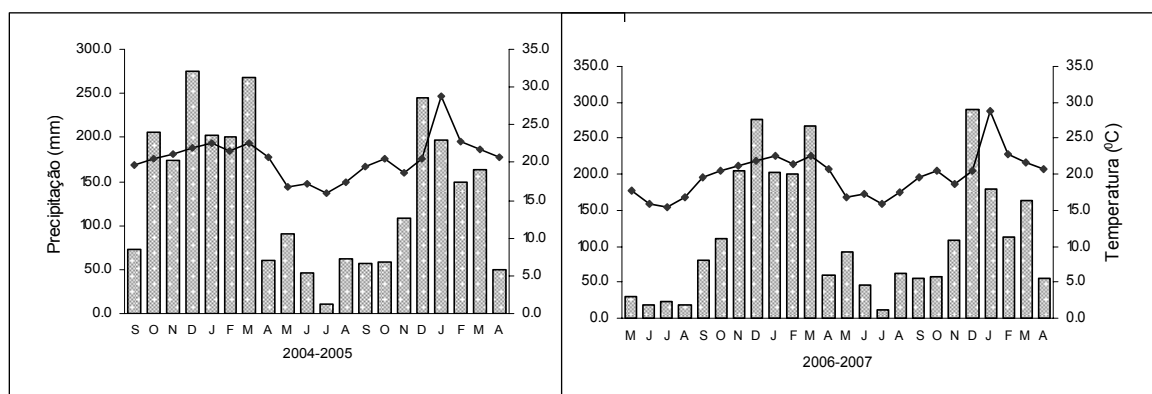


Figura 1 - Dados climatológicos do município de Viçosa, Minas Gerais. Fonte: Estação Meteorológica da Universidade Federal de Viçosa.

RESULTADOS

No período estudado, de 2005 a 2007, *D. arifolia* apresentou o seguinte comportamento fenológico: os indivíduos produziram folhas e cenantos com apenas flores; a frutificação ocorreu, principalmente, na estação chuvosa (de janeiro a março) (Figura 2). Em março, todas as plantas frutificaram; a frutificação se estendeu até abril (Figuras 2 e 3). No local 1, no período de abril a outubro de 2006, essa espécie apresentou alteração fenológica devido à quedas de árvores e a invasão de gado. Por isso, não produziu folhas novas e cenantos (Figura 3), mas não perdeu as folhas. No local 2, as plantas foram pisoteadas pelo gado (entre fevereiro e março de 2006) e não foi possível realizar observações adicionais.

No local 1, em 2005 e 2006, não foram observadas correlações significativas entre as fenofases vegetativa e reprodutiva (floração) e os fatores abióticos (precipitação e temperatura; Tabela 1). Entretanto, ocorreram correlações significativas entre todas as fenofases (vegetativa, floração e frutificação) como os fatores abióticos, em 2006 e 2007 (Tabela 1). No local 2, os resultados foram similares, exceto na frutificação, entre 2005 e 2006, que apresentou correlação significativa com os fatores abióticos (Tabela 1).

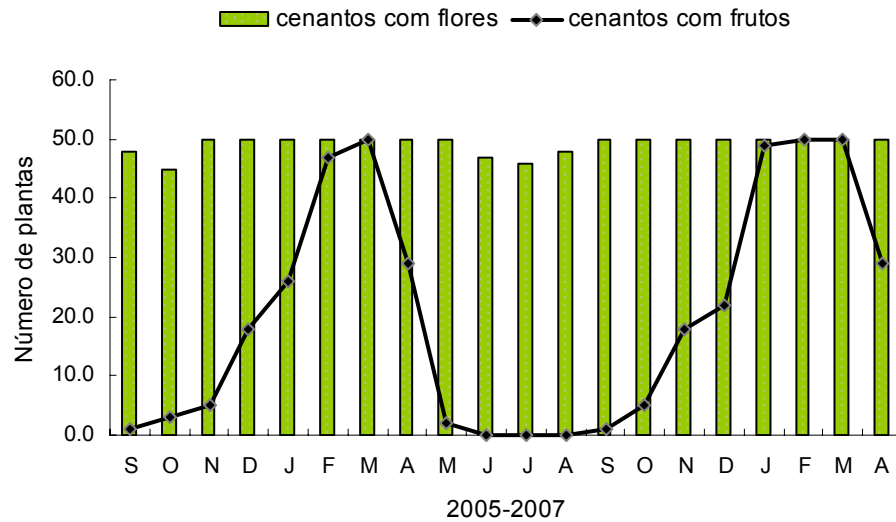


Figura 2 - Comportamento fenológico de *Dorstenia arifolia* no período de 2005 a 2007, em fragmento florestal, no município de Coimbra, Minas Gerais. Obs.: a produção de cenantos é concomitante à produção de folhas.

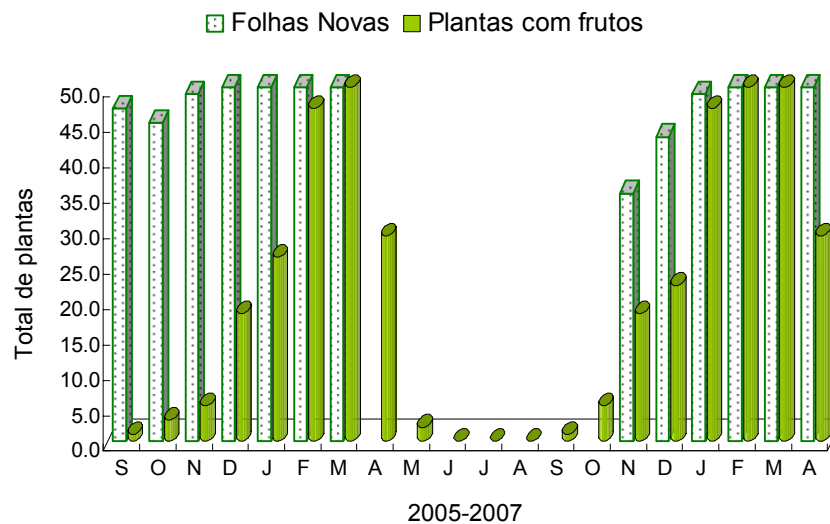


Figura 3 - Comportamento fenológico de *Dorstenia arifolia*, no local 1 (veja metodologia), em fragmento florestal, no município de Coimbra, Minas Gerais.

Tabela 1 - Correlação de Spearman entre fatores abióticos temperatura (T) e pluviosidade (P) e as fenofases (vegetativa e reprodutiva) de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* no período de 2005 e 2006. Entre parênteses: valores do índice de correlação na estação chuvosa (2006 e 2007). Valores não significativos = NS

Fenofases	Parâmetros	<i>Dorstenia arifolia</i>		<i>Dorstenia bonijesu</i>	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
Emissão foliar	T	NS (0,52)	NS	0,62	0,59
	P	NS (0,64)	NS	0,65	0,64
Emissão de cenantos	T	NS (0,71)	NS	0,81	0,80
	P	NS (0,68)	NS	0,83	0,79
Frutificação	T	0,60	0,59	0,63	0,61
	P	0,55	0,61	0,59	0,52

D. bonijesu apresentou um único padrão fenológico ao longo do período (2004-2006) e nos dois locais analisados. As plantas perderam as folhas durante a estação seca e fria, ficando apenas os seus rizomas subterrâneos. Por isso, as populações “desapareciam” sazonalmente. A partir de setembro, iniciava-se a produção de folhas, seguida pela emissão de cenantos e frutificação, de setembro a abril, nos anos estudados (Figura 4).

Em *D. bonijesu*, a emissão foliar e de cenantos e a frutificação apresentaram correlações significativas com as pluviosidade e temperatura, nos dois locais estudados (Tabela 1).

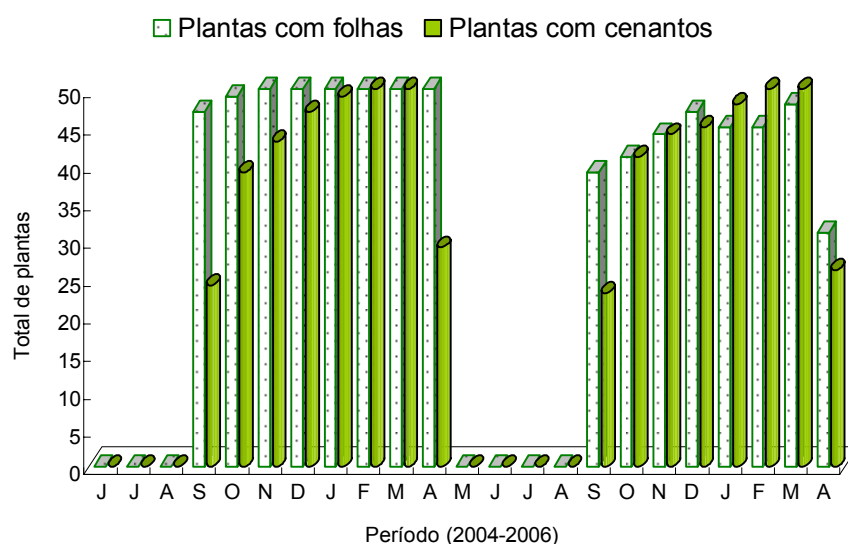


Figura 4 - Comportamento fenológico de *Dorstenia bonijesu*, em fragmento florestal, no município de Viçosa, Minas Gerais. Os cenantos produziram flores e frutos concomitantemente.

A floração foi o evento fenológico de maior duração nas duas espécies e nos locais estudados. Os dados apontaram altos valores para a sincronia de floração entre os indivíduos e entre as populações de *D. arifolia* e *D. bonijesu* (Tabela 2).

Tabela 2 - Comparação da fenologia individual e populacional de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu*. Sincronia na floração dos indivíduos em valores médios ($\pm$ desvio padrão).

Fenologia de floração	<i>D. arifolia</i>		<i>D. bonijesu</i>	
	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
Abordagem individual				
Sincronia entre indivíduos	0,86 (0,21)	0,94 (0,12)	0,93 (0,21)	0,97 (0,12)
Abordagem populacional				
Sincronia do período de floração	0,86	0,94	0,93	0,97

DISCUSSÃO

Dorstenia arifolia e *D. bonijesu* apresentaram comportamento fenológico diferenciado. *D. arifolia* emitiu, continuamente, folhas e cenantos, independente de fatores abióticos (precipitação e temperatura), confirmando as primeiras observações realizadas por Carauta (1978). *D. bonijesu* apresentou respostas relacionadas a sazonalidade, como a caducifolia, na estação seca, e a floração, na estação chuvosa, confirmando os resultados obtidos por Araújo et al. (2007).

Dorstenia arifolia e *D. bonijesu* apresentam formas de vida muito similares uma vez que ambas são herbáceas de habitats sombreados e úmidos. Entretanto, suas respostas fenológicas foram diferenciadas contrariando o proposto por Wright & Calderon (1995). Para *D. bonijesu*, em particular, as respostas fenológicas foram influenciadas pelos fatores abióticos (climatológicos) conforme discutido por van Schaik et al. 1993 e contrariamente ao proposto por Wright & Calderon (1995), não de confirmou. O período no qual cada espécie floresce é determinado por peculiaridades da sua fisiologia e morfologia (Primack 1985). Provavelmente essas espécies diferem quanto à sua habilidade, para manter as taxas fotossintéticas necessárias ao crescimento e floração.

Os fatores climatológicos tais como luminosidade, sombreamento, umidade, dentre outros podem limitar a produtividade das plantas (van Schaik et al. 1993) e influenciar suas respostas fenológicas. Além de temperatura e pluviosidade,

alterações na luminosidade devem afetar as respostas fenológicas das dorstenias estudadas, devido as suas exigências de hábitat (sub-bosques sombreados).

As mudanças observadas no padrão fenológico de *D. arifolia*, podem ser decorrentes de drásticas alterações no hábitat devido às intempéries, incluindo a queda de árvores e folhas. A abertura do dossel implica em aumento da incidência luminosa e diminuição na umidade relativa do ar, como discutido por Fahrig (2003). O aumento da luminosidade, decorrente de alterações ambientais, pode induzir mudanças fisiológicas rápidas em algumas espécies (Ghazoul & McLeisch 2001, Spina et al. 2001) e deve ser detalhadamente estudado no fragmento aonde *D. arifolia* se encontra.

A influência dos distúrbios antropogênicos na fenologia da floração de indivíduos e populações vem sendo discutida na literatura (Ghazoul & McLeisch 2001, Aizen & Vasques 2006). Dentre os distúrbios, as alterações decorrentes do pisoteio e pastejo, como observados nos locais de *D. arifolia*, foram discutidas por Aizen & Vasques (2001, 2006). A recorrente invasão do gado nos fragmentos do município de Viçosa, como observado por Ribon (2005), é fator crítico para a manutenção das populações remanescentes, especialmente as de *D. arifolia*.

As alterações na qualidade do hábitat de *D. arifolia*, discutidas acima, podem explicar as mudanças observadas nas correlações entre as emissões de folhas e cenantos e os fatores abióticos analisados. No período que antecedeu a queda das árvores (fevereiro de 2006), as condições de sombreamento e umidade favoreceram as produções vegetativa e reprodutiva, que foram contínuas e independentes da pluviosidade e temperatura, nas duas áreas de distribuição da espécie. Esta resposta coincidiu com a obtida em plantas cultivadas de *D. arifolia* que, em condições constantes de sombreamento e suprimento de água, produziram cenantos e folhas continuamente (obs. pess.).

Dorstenia arifolia apresentou floração contínua, mas uma produção de frutos concentrada apenas na estação chuvosa. Essa é uma característica reprodutiva considerada rara por Primack (1985). e que só foi anteriormente observado em *Rhizophora mangle* (Rhizophoraceae) por Gill & Thomlinson (1971), permanecendo por ser explicada (Primack 1985).

A emissão contínua de cenantos deve estar relacionada com o tipo de interação entre *D. arifolia* e seus polinizadores (Capítulo 5). Parte do ciclo das moscas polinizadoras (Lauxaniidae) ocorre nos cenantos e pode ser um tipo de pressão sobre as plantas. A produção dos cenantos pode garantir a visita das moscas ao longo de todo o ano (Capítulo 5) e, deste modo, mantê-las no local.

As duas espécies analisadas apresentaram alta sincronia de floração, individual e populacional. Existem várias hipóteses que buscam explicar o alto grau de sincronia entre indivíduos. A importância da sincronia inclui os aumentos das taxas de polinização cruzada (Bawa 1983) e da eficiência energética do polinizador (Heirich & Raven 1972), a atração de polinizadores (Gentry 1974, Opler et al. 1976, Bawa 1983) e o escape da predação tardia de sementes (Beattie et al. 1973). A atração de polinizadores e o escape da predação de sementes foram confirmados em *Hybanthus prunifolius* (Augspurger 1981). A atração de polinizadores é uma hipótese provável para *D. arifolia*, uma vez que a floração é contínua e seus polinizadores consomem pólen (adultos) e tecidos do cenanto (larvas) (Capítulo 5); entretanto, deve ser testada.

Durante a floração sazonal de *D. bonijesu*, os indivíduos não foram visitados por possíveis polinizadores (obs. pess.). Nesse período, seus cenantos foram intensamente atacados por moluscos (lesmas e caracóis; Araújo & Vieira 2006). O impacto resultante da atuação de agentes não polinizadores sobre as características florais é reconhecido (Matsumura & Washitani 2000) e claramente afetam a fenologia da floração (Beattie et al. 1973, Straus & Whittall 2006). Estudos posteriores poderão esclarecer o papel dos moluscos (não polinizadores) na fenologia de floração de *D. bonijesu*. Essa espécie é agamospérmica (Capítulo 4), ou seja, forma sementes sem fecundação, o que garante independência de polinizadores e do “destino do pólen” (cf. Asker & Jerling 1992).

BIBLIOGRAFIA

- Aizen M.A. 2001. Flower sex ratio, pollinator abundance, and seasonal pollinator dynamics of a protandrous plant. *Ecology* 82: 127-144.
- Aizen M.A., Vasques D.P. 2006. Flower performance in human-altered habitats. *In*: Ecology and Evolution of Flowers. Harder L.D. & Barret S.C.H. (eds). Oxford NY.
- Araújo L.M., Vieira M.F. 2006. Efeitos da ação de patógenos e de predadores na reprodução de *Dorstenia bonijesu* Carauta & Valente (Moraceae), espécie rara e ameaçada de extinção. *In*: LVII Congresso Nacional de Botânica, Gramado. Resumos do LVII Congresso Nacional de Botânica, v. CD.
- Araújo L.M., Vieira M.F., Godoy A.G. 2007. Biologia reprodutiva de *Dorstenia bonijesu* – Moraceae. *Albertoia* 28: 197-204.
- Asker S.E.; Jerling L. 1992. Apomixis in plants. Boca Raton: CRC, Flórida, USA.
- Augspurger C.K. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. *Biotropica* 15: 257-267.
- Bawa K.S. 1983. Patterns of flowering in tropical plants. *In*: Handbook of experimental pollination biology. Jones & Little (eds.). New York.
- Beattie A.J., Breedlove D.E., Ehrlich P.R. 1973. The ecology of the pollinators and predators of *Frasera speciosa*. *Ecology* 54: 81-91.

- Bemcke C.S.C., Morellato L.P. 2002. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. *Revista Brasileira de Botânica*. 25: 269-275.
- Berg C.C. 2001. Moreae, Artocarpeae and Dorstenia (Moraceae) with introductions to the family and Ficus and with additions and corrections to Flora Neotropica Monograph 7. Flora Neotropica Monograph 83. New York Botanical Garden, New York, USA.
- Carauta J.P.P. 1978. *Dorstenia* L. (Moraceae) do Brasil e países limítrofes. *Rodriguesia* 44: 53-223.
- Carauta J.P.P., Valente M.C. 1983. *Dorstenia* L. (Moraceae). Notas complementares IV. *Atas da Sociedade Botânica do Brasil* 1: 111-122.
- Castro P.S. 1980. Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG. Dissertação de Mestrado. 107p. ESALQ, Piracicaba, SP.
- IBAMA. 1998. Lista de espécies ameaçadas de extinção - www.ibama.gov.br.
- Kudo G. 1993. Relationship between flowering time and fruit set of the entomophilous alpine shrub, *Rhododendron aureum* (Ericaceae), inhabiting snow patches. *American Journal of Botany* 80: 1300-1304.
- Kudo G. 2006. Flowering phenologies of animal pollinated plants: reproductive strategies and agents of selection. *In: Ecology and Evolution of Flowers*. Harder L.D. & Barret S.C.H. (eds). Oxford NY.
- Fahrig L. 2003. Effects of habit fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- Fox G.A., Kelly C.K. 1993. Plant phenology: selection and neutrality. *Trends in Ecology and Evolution* 8: 34-35.
- Gentry A.H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6: 64-68.
- Ghazoul J., McLeish M. 2001. Reproductive ecology of tropical forest trees in logged and fragmented habitats in Thailand and Costa Rica. *Plant Ecology* 153: 335-345.
- Gill A.M., Thomlinson P.B. 1971. Studies on the growth of red mangrove (*Rhizophora mangle* L.) 3. Phenology of the shoot. *Biotropica* 3: 109-124.
- Heirich B., Raven P.H. 1972. Energetics on pollination ecology. *Science* 171: 203-205.
- Leal-Filho N. 1992. Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma sucessão vegetal na Zona da Mata de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. 116p. UFV, Viçosa, MG.
- Marquis R.J. 1988. phenological variation in the neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. *Ecology* 69: 1552-1565.
- Matsumura C., Washitani I. 2000. Effects of population size and pollinator limitation on seed-set of *Primula sieboldii* populations in fragmented landscape. *Ecological Research* 15: 307-322.
- Oliveira-Junior J.C., Dias H.C.T. Precipitação efetiva em fragmento secundário da Mata Atlântica. *Revista Árvore* 29: 9-15.
- Ollerton J., Lack A.J. 1992. Flowering phenology: an example of relaxation of natural selection? *Trends in Ecology and Evolution* 7: 274-276.
- Opler P.A., Frankie G.W., Baker H.G. 1976. Rainfall as a factor in the release, timing, and synchronization of anthesis by tropical trees and shrubs. *Journal of Biogeography* 3: 231-236.
- Primack R.B. 1985. Patterns of flowering phenology in communities, populations, individuals, and single flowers. *In: The Population Structure of Vegetation*. White T (ed.). Dordrecht.
- Rathcke B., Lacey E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 179-214.

- Ribon R. 2005. Demarcação de uma grade de trilhas no Centro de Pesquisas da Mata do Paraíso. Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* 1: 151-158.
- Rizzini C.T. 1992. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Editora Âmbito cultural Ltda., São Paulo, SP.
- Romanoviski Z. 2001. Morfologia e aspectos hidrológicos da microbacia Rua Nova, Viçosa MG, para fins de manejo. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Spina A.P., Ferreira W.M., Leitão Filho H.F. 2001. Floração, frutificação e síndromes de dispersão em uma comunidade de floresta de brejo na região de Campinas (SP). *Acta Botânica Brasilica* 15: 349-368.
- Straus S.Y., Whittall J.B. 2006. Non-pollinator agents of selection on floral traits. *In: Ecology and Evolution of Flowers*. Harder L.D. & Barrett S.C.H. (eds). Oxford NY.
- Van Schaik C.P., Terborg J.W., Wright S.J. 1993. The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 253-337.
- Veloso H.P., Rangel-Filho A.L.R., Lima J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE: Rio de Janeiro, RJ.
- Weiss A.E., Kossler T.M. 2004. Genetic variation in flowering time induces phenological assortative mating: quantitative genetics methods applied to *Brassica rapa*. *American Journal of Botany* 91: 825-836.
- Wright, S. J., Calderon O. 1995. Phylogenetic patterns among tropical flowering phenologies. *Journal of Ecology* 83:937-948.

CAPÍTULO 4

Sistema reprodutivo de *Dorstenia arifolia* Lamarck e *D. bonijesu* Carauta & Valente (Moraceae), espécies endêmicas da Floresta Atlântica: implicações para a conservação

RESUMO

Este trabalho analisou a biologia reprodutiva de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu*, espécies endêmicas da Floresta Atlântica, que apresentam similaridades de hábito (são herbáceas), de hábitat (sub-bosque sombreado e úmido) e de distúrbios (fragmentação do seu hábitat). Considerou-se a hipótese de que estas espécies apresentem estratégias reprodutivas também similares. Avaliou-se a produção de flores e frutos visando contribuir para o entendimento das causas da raridade e possibilidade de permanência dessas espécies nos fragmentos. O estudo ocorreu em quatro populações de *Dorstenia arifolia* (02) e *D. bonijesu* (02). Objetivou-se responder as seguintes questões: 1) As espécies investem em reprodução sexuada e assexuada? 2) Há dependência de polinizadores? 4) Qual a porcentagem de flores não fecundadas e frutos abortados por espécie? 5) As respostas às questões levantadas variam com a distribuição das plantas? 6) Qual a contribuição desses dados para o esclarecimento das estratégias reprodutivas e para a conservação dessas espécies raras? Em casa de vegetação, localizada no Horto da UFV, foram cultivados indivíduos das duas espécies em vasos de cerâmica. Neles foram realizados os tratamentos: 1) polinização aberta; 2) autopolinização espontânea; 3) autopolinização manual; 4) polinização cruzada; e 5) agamospermia. Na população natural, as plantas de *D. arifolia* se distribuíram ao longo do curso de água, em dois locais próximos e não-contíguos: o local 1 situava-se na margem do córrego e no local 2 as plantas distribuíam-se nas áreas íngremes ("morro acima"), sujeitas a pisoteio pelo gado. A distância entre os locais é de cerca de 600 m. As plantas de *D. bonijesu* também se distribuíram em dois locais: local 1, distante da nascente em cerca de 1km, com trilha dentro da área de distribuição das plantas; e o local 2, situado junto à nascente e distante da trilha. Na população natural foram realizados os tratamentos: 1) polinização aberta ou controle; 2) autopolinização espontânea; e 3) agamospermia. Apesar das similaridades de hábito, hábitat e pressões antrópicas, as espécies analisadas apresentaram estratégias reprodutivas diferenciadas: *D. arifolia* é sexuada e produz clones (unidades modulares) e *D. bonijesu* produz sementes agamospérmicas e não produz clones. Na população natural, entretanto, a maior produção de flores e de frutos, observadas nas plantas próximas da nascente, foi resultado comum entre *D. arifolia* e *D. bonijesu* e deve ser reflexo do isolamento (distantes de trilhas). Nas populações naturais, a exclusão de insetos em *D. arifolia* impediu a frutificação em todos cenantos ensacados e que não apresentaram sobreposição de fases sexuais (cenantos dicogâmicos), indicando a necessidade do "serviço" do polinizador para a troca gênica. Entretanto, em cenantos ensacados e que apresentaram sobreposição de fases sexuais a autopolinização espontânea garantiu a produção de frutos, indicando que a espécie é autocompatível e que a polinização pode ocorrer independente de visitantes. *D. bonijesu* é independente de visitantes, devido a agamospermia. Nas espécies foi observada maior produção de flores que frutos. Nas populações naturais, o aborto foi alto em *D. arifolia* (23 a 50% de flores) e mais baixo em *D. bonijesu* (7 a 30%), o que é esperado em populações apomíticas. As altas taxas de aborto obtidas nas manipulações (de 21 a 48% em *D. arifolia* e 30 a 51% em *D. bonijesu*) indicam que o aborto de frutos pode ser uma estratégia utilizada nessas espécies. Apesar das similaridades de hábitat e hábito, as respostas aos riscos relacionados à persistência das populações são particulares para cada espécie, em decorrência das especificidades do sistema reprodutivo. Projetos para a conservação de espécies raras deverão considerar essas particularidades. Além disso, múltiplos aspectos da biologia da população das plantas (e dos polinizadores, quando for o caso) devem ser levados em conta para garantir o fluxo gênico e a permanência das espécies nos remanescentes.

SISTEMA REPRODUTIVO DE *DORSTENIA arifolia* LAMARCK E *D. bonijesu* CARAUTA & VALENTE (MORACEAE), ESPÉCIES ENDÊMICAS E AMEAÇADAS DA FLORESTA ATLÂNTICA: IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO.

INTRODUÇÃO

O conhecimento da biologia da reprodução é fundamental para a conservação de plantas raras (Kruckeberg & Rabinowitz 1985, Karron 1991, Bernardello et al. 1999, Kaye 1999, Evans et al. 2003), particularmente para aquelas cuja distribuição é restrita à Floresta Atlântica, um bioma que vem sofrendo contínua perda de habitats sendo, por isso, considerado como um dos mais ameaçados do planeta (Meyers et al. 2000).

Diversas linhas da biologia reprodutiva de espécies endêmicas e raras vêm sendo trabalhadas (Bernardello et al. 1999, Kaye 1999, Evans et al. 2003). O sistema reprodutivo, a morfologia floral e fenologia da floração têm sido os principais objetos de investigação (Bernardello et al. 1999, Evans et al. 2003), inclusive entre as espécies neotropicais (Vieira & Grabalos 2003, Vieira et al. 2007). Outros aspectos da reprodução, relacionados à questão da permanência de espécies raras nos seus habitats, também vêm sendo analisados. Dentre estes, a produção de sementes e frutos, que pode ser limitada pela abundância e comportamento do polinizador (Bierzychudek 1981, Burd 1994, Larson & Barret 2000), a capacidade de germinação (Baskin & Baskin 1990) ou a ação da predação de sementes, (Menges et al. 1986, Greig 1993, Menges 1995).

Em espécies de plantas raras, especialmente as que formam pequenas populações, a perda da viabilidade genética pode limitar a habilidade da população em conviver com mudanças no habitat (Primack & Rodrigues 2001). Os padrões de reprodução, incluindo a diversidade de mecanismos empregados na reprodução assexuada (Nogler 1984, Asker & Jerlings 1992) afetam a variação genética das plantas (Ellstrand & Elam 1993) e, conseqüentemente, a viabilidade genética especialmente em espécies raras (Barret & Kohn 1991, Schemske et al. 1994, Kahmen & Poschlod 2000).

Este trabalho analisou a biologia reprodutiva de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu*, espécies endêmicas e ameaçadas, da Floresta Atlântica, que apresentam similaridades de hábito (são herbáceas), de habitat (sub-bosque sombreado e úmido) e de distúrbios (fragmentação do seu habitat). Considerou-se a hipótese de que estas espécies apresentem estratégias reprodutivas também similares. Foram avaliadas as etapas, que incluem a produção de flores e frutos visando contribuir para o entendimento das causas da raridade e possibilidade de permanência dessas

espécies nos fragmentos. O estudo ocorreu em quatro locais de distribuição das plantas de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu*.

Objetivou-se responder as seguintes questões: 1) As espécies investem em reprodução sexuada e assexuada? 2) Há dependência de polinizadores? 4) Qual a porcentagem de flores não fecundadas e frutos abortados por espécie? 5) As respostas às questões levantadas variam com a distribuição das plantas? 6) Qual a contribuição desses dados para o esclarecimento das estratégias reprodutivas e para a conservação dessas espécies raras?

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas e espécies estudadas – O estudo foi conduzido em fragmentos de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso et al. 1991) pertencente aos domínios da Floresta Atlântica (Rizzini 1992), localizados na Zona da Mata mineira, nos municípios de Viçosa e Coimbra. Esses remanescentes da Floresta Atlântica são pequenos e submetidos à ação antrópica que incluem o corte, queimadas e a recorrente invasão de gado (Ribon 2005, obs. pes.). No município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W) foi encontrada uma população de *D. arifolia*, distribuída em um fragmento de mata ciliar (sete hectares). No município de Viçosa (20°45'14"S e 42°52'55"W), encontrou-se uma população de *D. bonijesu* em um fragmento de 194 hectares, pertencente à Universidade Federal de Viçosa (UFV). *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* são herbáceas lactescentes que habitam áreas sombreadas de sub-bosques do sudeste brasileiro (Carauta 1978, Carauta & Valente, 1983). Em casa de vegetação, que consta de um ripado de madeira coberto com "sombrite" (85% de sombreamento), localizada no Horto Botânico da UFV, foram cultivados indivíduos das duas espécies em vasos de cerâmica (mais detalhes em Araújo et al. 2007).

D. arifolia é considerada espécie vulnerável (IBAMA 1998), mas está desaparecendo rapidamente na Zona da Mata mineira, devido ao desmatamento ilegal de matas ciliares e invasão de gado em remanescentes florestais. No fragmento estudado durante o período de 2005 a 2006, as plantas se distribuíram ao longo do curso de água, em dois locais próximos e não-contíguos. Havia uma clara diferença na declividade do terreno: o local 1 situava-se na margem do córrego e no local 2 as plantas distribuíam-se nas áreas íngremes ("morro acima"), sujeitas a pisoteio pelo gado. A distância entre os locais é de cerca de 600 m. Entre 2006 e 2007, as plantas do local 1 foram pisoteadas.

D. bonijesu é considerada rara e ameaçada de extinção (Carauta & Valente 1983). Não forma clones e não recebeu visitantes durante a fase de floração (obs. pess.). Entre 2004 e 2005, as plantas se distribuíam em dois locais: local 1, distante da nascente em cerca de 1km, com trilha dentro da área de distribuição das plantas; e o local 2, situado junto à nascente e distante da trilha. Em 2005, a trilha do local 1 foi ampliada e cortou a área de distribuição das plantas do local 2.

As duas espécies formam populações pequenas (capítulo 2) e a probabilidade de extinção é muito alta, devido a variações demográficas ou ambientais aleatórias, nestas condições (Goodman 1987, Shaffer 1987, Primack & Rodrigues 2001). Material testemunho das espécies encontra-se depositado no Herbário VIC (*Dorstenia arifolia*: 30.136, 30.137 e 30.138; *Dorstenia bonijesu*: 30.133, 30.134 e 30.135).

Casa de vegetação – A metodologia utilizada para a análise do sistema reprodutivo foi adaptada de Dafni (1992), Kearns & Inouye (1993) e Dafni et al. (2005). Cenantos jovens de *D. arifolia* (N=48) e de *D. bonijesu* (N=78) foram marcados com linhas coloridas e a cor variou para cada tratamento, que foram: 1) polinização aberta, cenantos expostos; 2) autopolinização espontânea, para avaliar a necessidade do polinizador em ambas as espécies; 3) autopolinização manual, o cenanto recebe pólen de outro cenanto do mesmo indivíduo (permite avaliação do sistema de autocompatibilidade); 4) polinização cruzada, o cenanto recebe pólen de outra planta, visando o estudo da influência do polinizador na produção de frutos; a polinização cruzada foi realizada em cenantos que não apresentaram sobreposição de fases (capítulo 1); 5) agamospermia, avaliou-se a capacidade de produção de sementes sem fecundação (*sensu* Asker & Jerling 1992). Para esse último teste, os estigmas foram comprimidos com o auxílio de uma pinça de relojoeiro (nº. 03), para evitar a entrada de pólen na flor. Esse teste foi realizado com o auxílio de uma lupa de mão (aumento de 20X).

Os cenantos utilizados nos tratamentos foram envolvidos com sacos de tecido do tipo “failet”, exceto os do tratamento 1. Foram mantidos ensacados até a frutificação ou queda do cenanto. Os cenantos com frutos maduros foram coletados. A contagem de flores pistiladas e frutos ocorreu sob um microscópio estereoscópico (Leika). Foram contados separadamente os números de flores não-fecundadas, de flores que originaram frutos e de frutos abortados (ovário já desenvolvido).

Os frutos (ou diásporos; um por flor) de cada tratamento foram colocados em placas de Petri forradas com duas folhas de papel de filtro umedecidas. As

“Sementes” (pericarpo + semente; uma por flor) germinaram sob condições não controladas.

População natural – Foram realizados, entre 2005 e 2007, tratamentos de polinização aberta, autopolinização espontânea e agamospermia nos diferentes locais de distribuição das espécies e entre anos diferentes (Tabela 1). A polinização aberta (controle) foi acompanhada em cenantos previamente marcados com linha branca e deixados expostos à visitação. Para avaliar a autopolinização espontânea, os cenantos foram isolados com sacos de tecido do tipo “failet”. Este tecido possui trama suficientemente fechada para evitar o fluxo de pólen em suspensão. Para a agamospermia utilizou-se a mesma metodologia descrita anteriormente. Os cenantos com sobreposição das fases sexuais (capítulo 1) não foram utilizados na polinização aberta e agamospermia.

Todos os cenantos foram coletados quando tombavam. A contagem de flores e frutos ocorreu sob um microscópio estereoscópico (Leika). Foram contados separadamente os números de flores não-fecundadas, de flores que originaram frutos e de frutos abortados (ovário já desenvolvido).

Para confirmar o investimento em crescimento clonal (reprodução assexuada), retirou-se a serapilheira em volta das plantas de *D. arifolia* e *D. bonijesu*, nas populações naturais. Foi necessário realizar escavações superficiais, com a ajuda de uma pá de jardineiro.

Tabela 1 - Tratamentos realizados nas populações naturais de *D. arifolia* e *D. bonijesu*. A amplitude do número de flores está entre parênteses.

Ano	Tratamentos	Número de cenantos (amplitude do número de flores pistiladas)	
		<i>D. arifolia</i>	<i>D. bonijesu</i>
2005	Polinização Aberta	19 (200-360)	21(75-131)
	Autopolinização Espontânea	20 (180-400)	30 (70-115)
		39 (180-400)	51 (70-131)
2006	Polinização Aberta	21 (70-300)	15 (70-112)
	Autopolinização Espontânea	06 (200-271)	19 (82-134)
		27 (70-300)	34 (70-134)
2007	Agamospermia	04 (210-270)	08 (87-131)
Total		70	93

Análise estatística – O efeito dos tratamentos de polinização foi comparado através do “teste t” para amostras independentes (Zar 1996).

RESULTADOS

Casa de vegetação – A produção média de frutos maduros variou entre alguns tratamentos em *D. arifolia* (Tabela 2). Na agamospermia não ocorreu formação de frutos e a polinização aberta produziu um número significativamente menor de frutos que os demais tratamentos. Não ocorreu variação significativa entre os tratamentos, quanto à porcentagem média de frutos abortados, embora a média de frutos abortados na geitonogamia tenha sido alta. Os dados de autopolinização espontânea e geitonogamia indicaram a autocompatibilidade. Os resultados da polinização aberta podem ser o reflexo da compatibilidade e não da presença de polinizadores.

Tabela 2 – Valores médios e desvio padrão ($\bar{X} \pm SD$) de flores pistiladas e de frutos maduros e porcentagens médias e desvio padrão de frutos maduros e abortados entre os tratamentos realizados em cenantos de *Dorstenia arifolia*, em indivíduos cultivados.

Tratamentos	Flores pistiladas ($\bar{X} \pm SD$)	Frutos maduros ($\bar{X} \pm SD$)	Frutos maduros (%)($\bar{X} \pm SD$)	Frutos abortados (%)($\bar{X} \pm SD$)
Polinização aberta	267,00 ± 28,47 a	36,40 ± 16,74 b	13,69 ± 6,08 bc	25,43 ± 15,36 b
Autopolinização espontânea	225,33 ± 76,92 a	86,50 ± 53,94 a	37,41 ± 18,18 a	48,03 ± 11,44 a
Geitonogamia	250,33 ± 62,94 a	88,33 ± 50,82 a	32,69 ± 18,09 b	29,05 ± 36,33 ab
Polinização cruzada	259,67 ± 56,52 a	83,83 ± 36,32 a	33,65 ± 15,63 ab	21,37 ± 19,38 b
Agamospermia	269,00 ± 20,15 a	1,25 ± 2,50 c	0,45 ± 0,91 c	25,00 ± 50,00 b

Em cada linha A difere de B pelo teste F ($P < 0,05$). Em cada coluna, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($P > 0,05$).

A produção de frutos foi alta em todos os tratamentos em indivíduos de *D. bonijesu* (>70%, Tabela 3), incluindo a agamospermia. A maior porcentagem de produção de frutos ocorreu na polinização cruzada seguida pela agamospermia e geitonogamia (tabela 3). A porcentagem de frutos abortados na polinização aberta foi significativamente menor que a da agamospermia (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão ($\bar{X} \pm SD$) de flores pistiladas e de frutos maduros e porcentagens médias e desvio padrão de frutos maduros e abortados entre os tratamentos realizados em cenantos de *Dorstenia bonijesu*, em indivíduos cultivados.

Tratamentos	Flores pistiladas ($\bar{X} \pm SD$)	Frutos maduros ($\bar{X} \pm SD$)	Frutos maduros (%)($\bar{X} \pm SD$)	Frutos abortados (%)($\bar{X} \pm SD$)
Polinização aberta	92,98 ± 49,81 ^b	71,59 ± 39,92 c	70,58 ± 27,19 ^b	29,77 ± 25,31 ^b
Autopolinização espontânea	119,71 ± 63,23 ^{ab}	83,25 ± 35,64 bc	74,36 ± 16,52 ^b	35,16 ± 26,63 ^{ab}
Geitonogamia	159,75 ± 60,87 ^a	100,61 ± 45,29 ab	84,99 ± 17,84 ^{ab}	53,86 ± 22,63 ^a
Polinização cruzada	99,08 ± 48,49 ^b	84,92 ± 32,32 bc	89,27 ± 15,77 ^a	42,30 ± 23,39 ^{ab}
Agamospermia	121,70 ± 56,34 ^{ab}	138,75 ± 63,68	83,30 ± 23,59 ^{ab}	50,74 ± 34,76 ^a

Em cada linha A difere de B pelo teste F ($P < 0,05$). Em cada coluna, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si pelo teste t ($P > 0,05$).

A germinação das sementes foi alta (> 95%) em todos os tratamentos e espécies estudadas (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores médios e desvio padrão ($\bar{X} \pm SD$) de “sementes” de *Dorstenia arifolia* e *D. bonijesu* e sua porcentagem de germinação.

Tratamentos	<i>D. arifolia</i>		<i>D. bonijesu</i>	
	Frutos (no.)	Germinação (%)	Frutos (no.)	Germinação
	($\bar{X} \pm SD$)	($\bar{X} \pm SD$)	($\bar{X} \pm SD$)	(%)($\bar{X} \pm SD$)
Polinização aberta	36,40 $\pm$ 16,74 b	99,35 $\pm$ 1,02 a	71,59 $\pm$ 39,92 c	97,80 $\pm$ 3,23 a
Autopolinização espontânea	86,50 $\pm$ 53,94 a	97,57 $\pm$ 3,48 a	83,25 $\pm$ 35,64 bc	96,44 $\pm$ 3,51 a
Agamospermia	1,25 $\pm$ 2,50 c	0	100,61 $\pm$ 45,29 ab	96,53 $\pm$ 4,04 a
Polinização cruzada	83,83 $\pm$ 36,32 a	95,94 $\pm$ 4,10 a	84,92 $\pm$ 32,32 bc	95,21 $\pm$ 3,05 a
Geitonogamia	88,33 $\pm$ 50,82 a	96,53 $\pm$ 4,09 a	138,75 $\pm$ 63,68 a	95,36 $\pm$ 3,6 a

Em cada coluna, médias seguidas de pelo menos uma mesma letra não diferem entre si pelo teste t (P>0,05).

População natural – Em 2005, em *D. arifolia*, o número de flores pistiladas produzidas nos cenantos utilizados variou entre os locais estudados e entre os tratamentos (Tabela 5). Durante o período, o número de frutos maduros produzidos na polinização aberta não foi estatisticamente diferente entre os locais, mas observou-se variação significativa na produção de frutos na autopolinização espontânea entre os locais 1 e 2 (Tabela 5). No local 2, em ambos os anos, o número de frutos produzidos não foi significativamente diferente entre os tratamentos (Tabela 5).

Tabela 5 - Números de flores e de frutos de *Dorstenia arifolia* produzidos por tratamento entre os locais de distribuição das plantas. Tratamentos: PA = polinização aberta; AE = autopolinização espontânea. * Margem de água; ** Área sujeita ao pisoteio de gado.

Ano		Flores pistiladas		Frutos maduros (%)	
		Local 1*	Local 2**	Local 1*	Local 2**
2005	PA	277,11 $\pm$ 17,90 ^{Aa}	231,06 $\pm$ 63,15 ^{Bb}	109,28 $\pm$ 21,25 ^{Aa} (39,23 $\pm$ 5,81 ^{Ab})	93,85 $\pm$ 47,14 ^{Aa} (41,36 $\pm$ 16,81 ^{Aa})
	AE	247,44 $\pm$ 45,17 ^{Ab}	322,27 $\pm$ 135,45 ^{Aa}	120,28 $\pm$ 22,03 ^{Aa} (48,75 $\pm$ 3,70 ^{Aa})	85,09 $\pm$ 46,78 ^{Ba} (23,71 $\pm$ 13,05 ^{Bb})
2006	PA	.	219,48 $\pm$ 149,16 ^a	.	76,23 $\pm$ 80,65 ^a (48,15 $\pm$ 36,16 ^a)
	AE	.	235,17 $\pm$ 35,84 ^a	.	128,00 $\pm$ 37,70 ^a (54,77 $\pm$ 16,66 ^a)

Em cada linha, A difere de B pelo teste F (p<0,05). Em cada ano e cada população, a difere de b pelo teste F (p< 0,05).

O número de flores não-fecundadas foi alto e significativamente diferente entre os locais, em 2005, para os dois tratamentos (Tabela 6). Neste ano, o número de frutos abortados não diferiu entre os locais e entre os tratamentos; mas as porcentagens de aborto diferiram (entre os tratamentos e entre os dois locais de distribuição das plantas). Nas plantas do local 2, a porcentagem de frutos abortados, na polinização aberta, foi significativamente maior que na autopolinização espontânea (em 2005). Em 2006 não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 6).

Tabela 6 - Número de flores não-fecundadas e frutos abortados por tratamento e entre os dois locais na população de *Dorstenia arifolia*. Tratamentos: PA = polinização aberta; AE = autopolinização espontânea. * Margem de água; ** Área sujeita ao pisoteio de gado.

Ano		Flores não-fecundadas (%)		Frutos abortados (%)	
		Local 1*	Local 2**	Local 1*	Local 2**
2005	PA	162,33 ± 14,20 ^{Aa} (58,78 ± 6,13 ^{Aa})	123,35 ± 57,87 ^{Bb} (50,38 ± 22,11 ^{Ab})	23,17 ± 4,78 ^{Aa} (39,23 ± 5,81 ^{Ab})	26,45 ± 13,20 ^{Aa} (41,36 ± 16,81 ^{Aa})
	AE	127,17 ± 27,35 ^{Bb} (51,25 ± 3,70 ^{Bb})	230,91 ± 90,92 ^{Aa} (74,64 ± 13,94 ^{Aa})	21,72 ± 6,58 ^{Aa} (48,75 ± 3,70 ^{Aa})	24,73 ± 24,46 ^{Aa} (23,71 ± 13,05 ^{Bb})
2006	PA	.	.	.	36,48 ± 85,08 ^a (48,15 ± 36,16 ^a)
	AE	.	.	.	46,58 ± 34,34 ^a (54,77 ± 16,66 ^a)

Em cada linha, A difere de B pelo teste F ($p < 0,05$). Em cada ano e cada população, a difere de b pelo teste F ($p < 0,05$).

Não ocorreu frutificação nos cenantos testados para a agamospermia. As escavações realizadas nos locais de ocorrência de *D. arifolia* confirmaram que essa espécie investe em reprodução clonal (formação de unidades modulares *sensu* Lincoln et al. 1998).

A produção de flores e frutos de *D. bonijesu* foi alta nos dois locais de distribuição e em ambos os tratamentos (>80 flores, >60% frutos produzidos por cenanto; Tabela 7). O número de flores e frutos e a porcentagem de frutos maduros foram significativamente menores nas plantas distantes da nascente nas polinizações abertas, exceto em 2006 (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de flores e frutos de *Dorstenia bonijesu* produzidos por tratamento entre os locais: distante da água (1) e próximo da água (2). Tratamentos: PA = polinização aberta; AE = autopolinização espontânea.

Ano		Flores pistiladas		Frutos maduros (%)	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
2005	PA	95,00 ^{Ba}	129,30 ^{Aa}	64,6 ^{Bb} (67,29 ^{Bb})	123,07 ^{Aa} (95,42 ^{Aa})
	AE	92,44 ^{Aa}	105,00 ^{Aa}	78,56 ^{Aa} (85,10 ^{Aa})	96,83 ^{Aa} (92,32 ^{Aa})
2006	PA	80,36 ^{Ba}	117,50 ^{Aa}	77,27 ^{Aa} (96,23 ^{Aa})	99,5 ^{Aa} (86,20 ^{Ba})
	AE	93,55 ^{Ba}	127,75 ^{Aa}	72,55 ^{Aa} (78,99 ^{Aa})	62,0 ^{Aa} (44,57 ^{Ba})

Em cada linha, A difere de B pelo teste F ($p < 0,05$). Em cada ano e cada população, a difere de b pelo teste F ($p < 0,05$).

A porcentagem de flores não-fecundadas e de frutos abortados foi baixa nos dois locais (<31%, Tabela 8). Entretanto, as plantas do local 2 apresentaram maior número de frutos abortados que as do local 1, nas polinizações abertas, durante os dois anos analisados (Tabela 8).

Tabela 8 - Total de flores não fecundadas e frutos abortados de *Dorstenia bonijesu* produzidos por tratamento entre os locais: distante da água (1) e próximo da água (2). Tratamentos: PA = polinização aberta; AE = autopolinização espontânea.

Ano		Flores não-fecundadas		Frutos abortados (%)	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
2005	PA	30,40 ^{Aa} (32,71 ^{Aa})	6,20 ^{Ba} (4,58 ^{Ba})	7,66 ^{Ba} (12,54 ^{Aa})	23,87 ^{Aa} (19,38 ^{Aa})
	AE	13,88 ^{Ab} (14,9 ^{Ab})	8,17 ^{Aa} (7,64 ^{Aa})	9,48 ^{Ba} (12,85 ^{Aa})	15,83 ^{Aa} (20,11 ^{Aa})
2006	PA	3,09 ^{Bb} (3,77 ^{Bb})	18,00 ^{Aa} (13,38 ^{Aa})	7,18 ^{Ba} (12,16 ^{Ba})	27,75 ^{Aa} (32,29 ^{Aa})
	AE	21,00 ^{Ba} (21,01 ^{Ba})	65,75 ^{Aa} (55,43 ^{Aa})	9,36 ^{Aa} (12,86 ^{Aa})	10,88 ^{Ab} (21,05 ^{Aa})

Em cada linha, A difere de B pelo teste F ($p < 0,05$). Em cada ano e cada população, a difere de b pelo teste F ($p < 0,05$).

Os cenantos testados para a agamospermia apresentaram 70,81% de frutificação e as escavações realizadas nos locais de ocorrência de *D. bonijesu* demonstraram que essa espécie não formou clones.

DISCUSSÃO

Apesar das similaridades de hábito, hábitat e pressões antrópicas as espécies analisadas apresentaram estratégias reprodutivas diferenciadas: *D. arifolia* é sexuada e produz clones; *D. bonijesu* produz sementes agamospérmicas e não produz clones. Resultados semelhantes foram observados para outras espécies endêmicas e raras de Asteraceae que, apesar das similaridades de hábito e hábitat apresentaram sistema reprodutivo bem diferenciado (Evans et al. 2003). Entretanto, dentre as asteráceas, todas as espécies foram dependentes do polinizador para a produção de frutos, o que não ocorreu com as dorstenias estudadas.

Nas populações naturais de *D. arifolia* e *D. bonijesu* ocorreu maior produção de flores e de frutos nas plantas próximas da água, em 2005, o que pode ser reflexo do isolamento das manchas distantes das trilhas. A remoção de plantas para a abertura de trilhas e clareiras causou diminuição na produção de sementes de espécies arbóreas de florestas úmidas da Costa Rica (Guarigata & Pinard 1989). Ramos & Santos (2005) observaram alterações na produção de sementes em plantas situadas nas áreas abertas ao longo de trilhas e apontaram a influência da luz como um dos fatores que afetam a fenologia reprodutiva.

Nas populações naturais de *D. arifolia*, a exclusão de insetos impediu a frutificação em todos cenantos ensacados e que não apresentaram sobreposição de fases sexuais (cenantos dicogâmicos, capítulo 1), indicando a necessidade do serviço do polinizador para a troca gênica e variabilidade intrapopulacional. Entretanto, em cenantos ensacados e que apresentaram sobreposição de fases sexuais, a autopolinização espontânea garantiu a produção de frutos, apontando a espécie como autocompatível e a ocorrência da polinização independente de visitantes florais. Segundo Bawa (1974), a autocompatibilidade pode ser confirmada, em uma dada espécie, quando um terço dos indivíduos testados apresentarem autocompatibilidade. Em *D. arifolia*, os cenantos testados, em todas as plantas da população natural, confirmaram a autocompatibilidade.

A autopolinização manual em indivíduos cultivados também aumentou a frutificação reafirmando a autocompatibilidade em *D. arifolia*. A autogamia é facilitada pela autocompatibilidade e dificultada pela protoginia. Em *D. arifolia*, a dicogamia parcial (capítulo 1) e a ausência de barreiras mecânicas permitem que a autofecundação ocorra em um mesmo cenanto com sobreposição de fases e sem intervenção biótica, como observado por Carauta (1978), ou entre cenantos de uma mesma planta. Lloyd (1992) reconheceu que a autopolinização pode ocorrer de, no mínimo, três maneiras diferentes com relação à independência do polinizador e *D.*

arifolia utiliza duas delas: sem intervenção biótica, em um mesmo cenanto, e com intervenção biótica facultativa. Como essas estratégias são simultâneas com a polinização cruzada, pode ocorrer competição entre o pólen (do próprio indivíduo com o pólen de outro). Em cenantos com sobreposição de fases, o pólen (do próprio cenanto) provavelmente irá fecundar as flores antes que o polinizador chegue trazendo pólen de outras plantas e, desse modo, a polinização cruzada será prejudicada.

A autocompatibilidade pode ser resultado de seleção natural durante períodos de ausência de polinizador ou quando as populações diminuem muito de tamanho (Kaye 1999). Como a autocompatibilidade facilita a autofecundação, seu efeito nas populações pode variar negativa ou positivamente. Segundo Charlesworth & Charlesworth (1987), o efeito será negativo em populações que sofreram diminuição de tamanho, quando a autofecundação causar a perda de alelos raros (efeito “bottleneck” ou “gargalo de garrafa”, Primack & Rodrigues 2001). No entanto, esse afunilamento também pode resultar na perda de alelos deletérios e, nesse caso, ocorrerá redução da depressão endogâmica (Lande & Schemske 1985, Schemske & Lande 1985, Morgan 2007), resultando em maior possibilidade de sobrevivência para a espécie. Como a germinação ocorreu normalmente em *D. arifolia* e a proporção de pólen viável foi alta (capítulo 1) é possível inferir que a espécie não esteja sofrendo depressão endogâmica, apesar do pequeno tamanho populacional (capítulo 2). Alguns estudos, realizados em pequenas populações mostraram que a porcentagem de pólen estéril é alta (Valdeyron et al. 1977, Wolff et al. 1988), diferente do observado em *D. arifolia*.

Dorstenia arifolia não produz sementes assexuadamente como indicou o teste para análise da agamosperma. Os resultados dos tratamentos confirmaram que a espécie é xenógama e que o polinizador, presente na área (capítulo 5) pode atuar favorecendo a reprodução cruzada. Como *D. arifolia* apresentou, predominantemente, dicogamia total (capítulo 1), é possível considerar que a fecundação cruzada possa ocorrer normalmente nas populações naturais. Nesse caso, a população local pode garantir a troca gênica com outras populações e garantir a diversidade genética e a diminuição de possíveis efeitos deletérios resultante da geitonogamia (Richards 1986, 1997). Entretanto é importante salientar que as manchas de populações de *D. arifolia* estão distribuídas em uma área que vêm sofrendo profundas alterações devidas, principalmente à invasão de gado. O pisoteio da serrapilheira interfere no ciclo de vida do polinizador (capítulo 5) o que pode afetar a atividade do polinizador conforme discutido por Aizen & Vasquez (2006).

O alto número de flores não fecundadas observadas entre as plantas de *D. arifolia*, dos dois locais de distribuição, pode indicar algum tipo de interferência na recepção ou exportação de pólen (cf. Geber & Moeller 2006). Pode-se considerar a possibilidade de chegada de pólen interespecífico, que esteja interferindo com a polinização, como observado por Bell et al. (2005) em *Mimulus ringens*. Também é fundamental considerar que plantas polinizadas por poucas espécies, como *D. arifolia* (capítulo 5), estão susceptíveis a falhas na polinização (Kearns & Inouye 1997, Johnson & Steirner 2000).

Dorstenia arifolia apresentou uma alta produção de frutos entre os dois locais de distribuição na população em relação ao número de flores. Ainda assim, o número de flores foi mais alto de modo que o número de flores não fecundadas superou o de flores que frutificam. Maior produção de flores que frutos tem sido associados a fatores como limitação de polinizador (ou de pólen), aborto seletivo ou limitação de recursos (Bierzychudek 1981, Stephenson 1981, Sutherland 1986a, b). Embora a limitação de pólen seja um fenômeno amplo (Burd 1994), aparentemente não ocorreu em *D. arifolia* (capítulo 5). Como o pólen é produzido em alta quantidade, apresenta alta viabilidade (capítulo 1) e a geitonogamia ocorre, a falta de pólen não deve ser responsável pelo alto número de flores não fecundadas. Isso reforça a idéia de possíveis falhas na polinização. De fato, espécies polinizadas por animais, apresentam imensa variação nas taxas de fecundação (Aide 1982, Van Treuren et al. 1993).

Os testes apontaram que *D. bonijesu* é espécie apomítica (ou agamospérmica), o que significa uma produção assexuada por meio de sementes (Asker & Jerling 1992). A produção de frutos foi alta e constante durante os anos e em todos os tratamentos confirmando a independência dessa espécie em relação ao serviço do polinizador. Outras espécies neotropicais de *Dorstenia* necessitaram de pólen, tais como *D. embergeri* G. Mangenot e *D. contrajerva* L (Granville 1971). No entanto, outro estudo realizado mostrou que *D. contrajerva* pode produzir sementes sem que ocorra a fecundação (Modilewski 1957 citado por Granville 1971). Segundo Granville (1971), é possível que existam “raças” apomíticas e “normais” nesta espécie e o mesmo pode ocorrer em *D. bonijesu*. Dentre as populações existentes, uma não se reproduzia normalmente, segundo Carauta & Valente (1983) e corria sério risco de extinção local.

Atualmente e, em especial, após o desenvolvimento do modelo proposto por Marshall & Weir (1979), a maioria dos autores concorda que espécies agamospérmicas retêm algum grau de sexualidade (Asker & Jerling 1993). Essa sexualidade residual permite a fertilização de “células-ovo” reduzidas e não

reduzidas que podem resultar na formação de híbridos e contribuir para gerar variabilidade genética (Campbell & Dickinson 1990, Asker & Jerling 1992, Carneiro et al. 2000, Whiton et al. 2008). A variabilidade também pode ocorrer devido a rearranjo de cromossomos e mutações (Mogie & Ford 1988). Certamente, *D. bonijesu* retém algum grau de sexualidade, pois a polinização manual resultou em aumento no número de frutos. A espécie deve apresentar agamospermia facultativa uma vez que possui pólen viável (>80%, capítulo 1), similar à *D. arifolia*, espécie com reprodução sexuada. A esterilidade polínica ocorre em espécies apomíticas de Melastomataceae (Goldenberg & Shepherd 1998). Espécies apomíticas facultativas e com pólen viável são capazes de manter um fluxo gênico eficiente e por longas distâncias (Gustafsson 1947 citado por Asker & Jerling 1993). Seria interessante estudar a embriologia da espécie, confirmar o tipo de agamospermia e definir o genótipo dessas populações, a fim de se avaliar sua variabilidade genética. O papel do fluxo gênico na quebra ou manutenção do genótipo dessa espécie também representa uma informação valiosa para a conservação de *D. bonijesu*.

Se a reprodução sexual pode ser dificultada em qualquer circunstância da vida de algumas plantas (Schnidt & Antlfinger 1992), a agamospermia irá garantir uma produção substancial de frutos e/ou sementes, como foi observado em *D. bonijesu*. O mesmo ocorre com espécies de orquídeas (p.ex., *Spiranthes cernua*, Antlfinger & Wendel 1997, Schimdt & Antlfinger 1992) e de asteráceas (p.ex., *Taraxacum officinale*, Lyman & Ellstrand 1984). Uma das vantagens da agamospermia é possibilitar a dispersão (dos frutos) a distâncias mais longas quando comparada a outras formas de reprodução assexuada, sem formação de sementes (van de Pijl 1972). A agamospermia também é vantajosa uma vez que pode ser interpretada como um “caminho” evolutivo que aumenta a expectativa de vida de uma planta mãe (“genet”), em particular, ou de uma linhagem evolutiva (Asker & Jerling 1992). Se as sementes possuem o genótipo materno e este está bem adaptado em um dado ambiente, as plantas terão grandes chances de persistirem ao longo do tempo em forma de pequenas populações e até colonizar novas áreas a partir de um único indivíduo (Asker & Jerling 1992). A agamospermia facultativa também garante às espécies a capacidade de manter um balanço entre “constância e mudança”, o que assegura a variabilidade genética e o potencial evolutivo (Marshall & Weir 1979).

Muitas espécies agamospérmicas apresentam uma reprodução vegetativa eficiente como, por exemplo, espécies de *Hieracium*, *Antennaria* e *Poa*. Se seus precursores ficaram incapacitados de se reproduzirem por sementes sexuadas, devido à auto-incompatibilidade ou outro fator, como a triploidia (os triplóides são

estéreis), a reprodução assexuada foi fundamental para a sobrevivência dessas espécies, antes da aquisição da capacidade de reprodução por sementes agamospérmicas (Asker & Jerling 1992). Em *D. bonijesu*, entretanto, não há evidência de que ocorra a reprodução vegetativa e, tão pouco, que possa ocorrer hibridização com outras espécies de *Dorstenia* (observações em casa de vegetação).

Tanto em *D. arifolia* quanto em *D. bonijesu* foi observada maior produção de flores que frutos. O investimento foi claramente diferenciado e, nas populações naturais o aborto foi alto em *D. arifolia* (23 a 50% de flores). Embora bem mais baixo na população natural de *D. bonijesu*, que variou de 7 a 30% o que é esperado em populações apomíticas. As altas taxas obtidas nas manipulações (21 a 48% em *D. arifolia* e 30 a 51% em *D. bonijesu*) indicam que o aborto de frutos ocorre nessas espécies. A hipótese do “aborto seletivo”, segundo Guitian (1993), foi discutida por Stephenson (1981), que propôs que o excesso de flores permite a planta “descartar frutos de baixa qualidade”. Os dados obtidos sugerem que o aborto pode ser uma estratégia importante e que deve ser devidamente testada em *Dorstenia*.

As diferentes estratégias reprodutivas observadas em *D. arifolia* e *D. bonijesu*, reforçam a importância do estudo do sistema reprodutivo com vistas à conservação. Espécies dependentes de polinizadores podem ficar mais susceptíveis à fragmentação e perda dos habitats (Kearns et al 1998, Spira 2001). Apesar da autocompatibilidade apresentada por *D. arifolia*, a importância do polinizador, presente na área de estudo (capítulo 5) é inegável. A interação entre *D. arifolia* e seus dípteros polinizadores pode ser seriamente comprometida caso a recorrente invasão por gado não seja contida. Por outro lado, a presença de *D. bonijesu* na Mata do Paraíso (EPETEA-MP) só tem sido possível graças a produção de sementes por agamospermia ou apomixia.

IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

Este estudo indicou que, apesar da similaridade de hábito e hábitat de *D. arifolia* e *D. bonijesu*, as duas espécies analisadas apresentam diferentes estratégias reprodutivas que envolvem a reprodução sexuada e assexuada. *Dorstenia arifolia*, além de produzir clones, é xenógama e recebe a visita de polinizadores. Entretanto, como também é autocompatível e geitonógama, a produção de sementes pode ser independente do “serviço” do polinizador. Essas características associadas ao pequeno tamanho do fragmento, no qual a espécie se encontra, podem levar ao aumento da endogamia na população e conseqüente perda de diversidade genética. Medidas efetivas para a conservação “ex situ” devem ter início com a exclusão imediata de gado no fragmento remanescente para garantir a continuidade da interação entre as plantas e seus polinizadores.

A produção de sementes é crítica para *D. bonijesu*, que não forma clones. A espécie é agamospérmica, o que garante uma alta produção de frutos e independência do polinizador. Espécies agamospérmicas que estão bem adaptadas ao hábitat podem persistir por longo tempo, desde que não ocorram alterações drásticas. Esse estudo indicou ainda que *D. bonijesu* parece ser agamospérmica facultativa devido à alta viabilidade do pólen (>80%) e o aumento do número de frutos nas polinizações manuais cruzadas. Isso pode significar a retenção de algum grau de sexualidade e, possivelmente, maior variabilidade genética e aumento das chances de sobrevivência. Entretanto, a porcentagem de plântulas nas áreas remanescentes, em Viçosa, é baixa (<10%, capítulo 2). Para a conservação da espécie, é fundamental garantir as condições mais adequadas e intervir o mínimo possível no local evitando a “limpeza de trilhas” através do corte de arbustos (para minimizar o efeito de borda), especialmente no período reprodutivo. O fechamento periódico das trilhas de visitação também é recomendado no período de dispersão de diásporos que ocorrem de dezembro a abril.

Apesar das similaridades de hábitat e hábito, as respostas aos riscos relacionados à persistência das populações são particulares para cada espécie, em decorrência das especificidades do sistema reprodutivo. Projetos para a conservação de espécies raras deverão considerar essas particularidades. Além disso, múltiplos aspectos da biologia da população das plantas (e dos polinizadores, quando for o caso) devem ser levados em conta para garantir o fluxo gênico e a permanência das espécies nos remanescentes.

BIBLIOGRAFIA

- Aide T.M. 1982. The influence of wind and animal pollination on variation in outcrossing rates. *Evolution* 40: 434-435.
- Aizen M.A., Vasquez D.P. 2006. Flower performance in human-altered habitats. In: *Ecology and Evolution of flowers*, Harder L.D & Barrett S.C.H. (eds). Oxford. New York.
- Antfingher A.E., Wendel L.F. 1997. Reproductive effort and floral photosynthesis in *Spiranthes cernua* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 84: 769-780.
- Araújo A.C.G., Mukhambetzhannov S., Pozzobon M.T., Santana E.F., Carneiro V.T. 2000. Female gametophyte development in apomitic and sexual *Brachiaria brizantha* (Poaceae). *Revue de Cytologie et de Biologie Vegetales – La Botanique*, Paris 23: 13-28.
- Araújo L.M., Vieira M.F., Godoy A.G. 2007. Biologia reprodutiva de *Dorstenia bonijesu* (Moraceae). *Albertoia* 28: 197-204.
- Asker S.E., Jerling L. 1992. *Apomixis in Plants*. CRC Press. USA.
- Barret S.C.H., Kohn J.R. 1991. Genetic and evolutionary consequences of small population size in plants: implications for conservation. In: *Genetics and conservation of rare plants*. Falk D.A.I., Holsinger K.E (eds). Oxford University Press.
- Baskin J.M., Baskin C.C. 1990. Seed germination biology of the narrowly endemic species *Lesquerella stonensis* (Brassicaceae). *Plant Species Biology* 5: 205-213.
- Bawa K.S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28: 85-92.
- Bell J.M., Karron J.D., Mitchell R.J. 2005. Interspecific competition for pollination lowers seed production and outcrossing in *Mimulus ringens*. *Ecology* 86: 762-771.
- Berg C.C. 2001. Moreae, Artocarpeae and *Dorstenia* (Moraceae) with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to Flora Neotropica Monograph 7. Flora Neotropica Monograph 83. New York Botanical Garden, New York, USA.
- Bernardello G., Anderson E.J., Lopez P.S., Cleland M.A., Stuessy T.F., Crawford D.J. 1999. Reproductive biology of *Lactoris fernandeziana* (Lactorideae). *American Journal of Botany* 86: 829-840.
- Bierzychudek, P. 1981. Pollinator limitation of plant reproductive effort. *The American Naturalist* 117: 838-840.
- Burd M. 1994. Bateman's principle and plant reproduction – the role of pollen limitation in fruit and seed set. *Botanical Review* 60: 83-139.
- Carauta J.P.P., Valente M.C., Sucre D.B. 1974. *Dorstenia* L. (Moraceae) dos estados da Guanabara e do Rio de Janeiro. *Rodriguesia* 39: 225-295.
- Carauta J.P.P. 1978. *Dorstenia* L. (Moraceae) do Brasil e países limítrofes. *Rodriguesia* 44: 53-223.
- Carauta J.P.P., Valente M.C. 1983. *Dorstenia* L. (Moraceae). Notas complementares IV. *Atas da Sociedade Botânica do Brasil* 1: 111-122.

- Campbell C.S., Dickinson T.A. 1990. Apomixis, patterns of morphological variation and species concepts in subfam. Moloideae (Rosaceae). *Plant taxonomy and Geography* 15: 124-135.
- Charlesworth D., Charlesworth B. 1987. Inbreeding depression and its evolutionary consequences. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 273-288.
- Dafni A., Kevan P.G., Husband B.C. 2005. *Practical pollination biology*. Enviroquest: Cambridge.
- Dafni A. 1992. *Pollination Ecology – A Practical Approach*. Oxford University Press: Oxford.
- Ellstrand N.C., Elam D.R. 1993. Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. *Annual Review of Ecology and Systematics* 24: 217-242.
- Ericksson O. 1989. Seedlings dynamics and life history in clonal plants. *Oikos* 55: 231-266.
- Evans M.E.K., Menges E.C., Gordon D.R. 2003. Reproductive biology of three sympatric endangered plants endemic to Florida scrub. *Biological Conservation* 111: 235-246.
- Geber M.A., Moeller D.A. 2006. Pollinator responses to plant communities and implications for reproductive character evolution. *In: Ecology and Evolution of Flowers*. Ed. Harder L.D. & Barrett S.C.H. Oxford.
- Goodman D. 1987. How do any species persist? Lessons for conservation biology 1: 59-168.
- Greig N. 1993. Predispersal seed predation of five *Piper* species in tropical rainforest. *Oecologia* 93: 412-420.
- Granville J.J. 1971. Notes sur la biologie florale de quelques espèces du genre *Dorstenia* (Moracées). *Cah. ORSTOM, Ser. Biol.* 15: 61-97.
- Guarigata M.R., Pinard M. A. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. *Forest Ecology and Management* 112: 87-99.
- Guitian J. 1993. Why *Prunus mahaleb* (Rosaceae) produces more flowers than fruits. *American Journal of Botany* 80: 1305-1309.
- IBAMA. 1998. Lista de espécies ameaçadas de extinção - [www. Ibama @.gov.br](http://www.ibama.gov.br).
- Johnson S.D., Steirner K.E. 2000. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology and Evolution* 15: 140-143.
- Kahmen S., Poschlod P. 2000. Population size, plant performance, and genetics variation in the rare plant *Arnica Montana* L. in the Rhön, Germany. *Basic and Applied Ecology* 1: 43-51.
- Karron J.D. 1991. Patterns of genetic variation and breeding systems in rare plant species. *In: Genetics and conservation of rare plants*. Falk D.A, & Holsinger K.E. (eds). Oxford University Press, Oxford.
- Kaye T.N. 1999. Reproductive ecology of *Astragalus australis* var. *olympicus* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 86: 1248-1256.
- Kearns C.A., Inouye D.W. 1993. *Techniques for pollination biologists*. University Press: Niwot, CO.

- Kearns C.A., Inouye D.W., Waser N.M. 1998. Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 83-112.
- Kruckeberg A. R., Rabinowitz D. 1985. Biological aspects of endemism in higher plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 447-479.
- Lande R., Schemske D.W. 1985. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. I. Genetics models. *Evolution* 39: 24-40.
- Larson B.M., H., Barret S.C.H. 2000. A comparative analysis of pollen limitation in flowering plants. *Biological Journal of the Linnean Society* 69: 503-520.
- Lloyd D.G. 1992. Self and cross fertilization in plants. II. The selection of self-fertilization. *International Journal of Plant Sciences* 153: 370-380.
- Lyman J.C., Ellstrand N.C. 1984. Clonal diversity in *Taraxacum officinale* (Compositae), an apomict. *Heredity* 53: 1-11.
- Marshall D.R., Weir B.S. 1979. Maintenance of genetic variation in apomictic plant populations. *Heredity* 42: 159-171.
- Menges E.S., Waller D.M., Gawler S.C. 1986. Seed set and seed predation in *Pedicularis furbishiae*, a rare endemic of St. John River, Maine. *American Journal of Botany* 73: 1168-1177.
- Menges E.S. 1995. Factors limiting fecundity and germination in small populations of *Silene regia* (Caryophyllaceae), a rare hummingbird-pollinated prairie forb. *American Midland Naturalist* 133: 242-255.
- Meyers N., Mittermeir C.G., Fonseca G.A.B., Kent J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 24: 853-858.
- Mogie M., Ford H. 1988. Sexual and asexual *Taraxacum* species. *Biological Journal of Linnean Society* 35: 155-168.
- Morgan M.T. 2007. Selection on reproductive characters: conceptual foundations and their extension to pollinator interactions. *In: Ecology and Evolution of Flowers*. Ed. Harder L.D. & Barret S.C.H. Oxford.
- Nogler G.A. 1984. Gametophytic apomixes. *In: Embriology of angiosperms*. Johri B.M. (ed). Springer-Verlag, New York.
- Primack R.P, Rodrigues E. 2001. *Biologia da Conservação*. Copyright©: Londrina.
- Ramos F.N., Santos F.M. 2005. Phenology of *Psychotria tenuinervis* (Rubiaceae) in Atlantic Forest fragments. *Canadian Journal of Botany* 83: 1305-1316.
- Ribon R. 2005. Demarcação de uma grade de trilhas no Centro de Pesquisas da Mata do Paraíso. Viçosa, Minas Gerais. *Revista Árvore* 1: 151-158.
- Richards A.J. 1986. *Plant Breeding Systems*. 1nd ed. Allen & Unwin, London.
- Richards A.J. 1997. *Plant Breeding Systems*. 2nd ed. Allen & Unwin, London.
- Rizzini C.T. 1992. *Tratado de Fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos*. Editora Âmbito Cultural Ltda., São Paulo.
- Schemske D.W., Lande R. 1985. The evolution of self-fertilization and inbreeding depression in plants. II. Empirical observations. *Evolution* 39: 41-52.
- Schemske D.W., Husband B.C., Ruckelshaus M.H., Goodwillie C., Parker I.M., Bishop J.G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75: 584-606.

- Schmidt J.M., Antlfinger A.E. 1992. The level of agamospermy in a Nebraska population of *Spiranthes cernua* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 79: 501-507.
- Shaffer M. 1987. Minimum viable populations: coping with uncertainty. In: *Viable populations for conservation*. Soulé M.E. (ed). Cambridge University Press.
- Stephenson A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 12: 253-279.
- Sutherland S. 1986a. Floral sex ratios, fruit –set, and resource allocation on plants. *Ecology* 67: 991-1001.
- Sutherland S. 1986b. Patterns of fruit set: what controls fruit-flower ratio in plants. *Evolution* 40: 117-128.
- Spira T.P. 2001. Plant-pollinator interactions: a threatened mutualism with implications for the ecology and management of rare plants. *Natural Areas Journal* 21: 78-88.
- Valdeyron G., Dommée B., Vernet P. 1977. Self-fertilization in male-fertile plants of a gynodioecious species: *Thymus vulgaris* L. *Heredity* 39: 243-249.
- Van der Pijl L. 1982. The principles of dispersal in higher plants. Springer-Verlag, NY. USA.
- Van Treuren R., Bulsma R., Ouborg N.J., Van Delden W. 1993. The effects of population size and plant density on outcrossing rates in locally endangered *Salvia pratensis*. *Evolution* 47: 1094-1104.
- Veloso H.P., Rangel-Filho A.L.R., Lima J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE: Rio de Janeiro.
- Vieira M.F., Andrade M.R.S., Bittencourt Jr N.S., Carvalho-okano R.M. 2007. Flowering phenology, nectary structure and breeding system in *Corymborkis flava* (Spiranthoideae: Tropidieae), a terrestrial orchid from a Neotropical forest. *Australian Journal of Botany* 55: 635-642.
- Vieira M.F., Grabalos R. 2003. Sistema reprodutivo de *Oxypetalum mexiae* Malme (Asclepiadaceae), espécie endêmica de Viçosa, MG, Brasil, em perigo de extinção. *Acta Botânica Brasílica* 17: 137-145.
- Whiton J., Sears C.J., Baack R.J., Otto S.P. 2008. The dynamic nature of apomixis in the angiosperms. *International Journal of Plant Science* 169: 169-182.
- Wolff K., Friso B., van Dame J.M.M. 1988. Outcrossing rates and male sterility in natural populations of *Plantago coronopus*. *Theoretical and Applied Genetics* 76: 190-196.
- Zar J.H. 1996. Bioestatistical analysis. Prentice Halls. New Jersey.

CAPÍTULO 5

**POLINIZAÇÃO EM *DORSTENIA arifolia* LAMARCK (MORACEAE),
ESPÉCIE VULNERÁVEL, EM ÁREA REMANESCENTE DE FLORESTA
ATLÂNTICA**

RESUMO

Os estudos sobre a polinização em Moraceae indicam que a entomofilia é a principal síndrome nas tribos Ficeae, Castileae e Artocarpeae. A anemofilia foi sugerida para Moreae e a entomofilia para Dorstenieae embora inexistas estudos nestas duas tribos. Objetivou-se conhecer os prováveis polinizadores e analisar o mecanismo de polinização em *Dorstenia arifolia* (Dorstenieae), espécie herbácea endêmica da Floresta Atlântica, que habita os sub-bosques sombreados e úmidos. Utilizou-se a captura de insetos e experimentos de exclusão para investigar o modo de polinização. Este trabalho reportou a miofilia (polinização por moscas), inédita em *Dorstenia*. Foram encontradas duas espécies polinizadoras, uma delas pertencente à família Lauxaniidae (Diptera). A polinização foi passiva e os recursos utilizados foram os cenantos e suas flores, ambos utilizados como local de oviposição, e o pólen. A morfo-espécie 2 ovipõe nas flores pistiladas e suas larvas parasitam os óvulos. A morfo-espécie 1 (Lauxaniidae: Diptera) ovipõe nos cenantos e suas larvas se alimentam dos tecidos do cenanto. Este é o primeiro relato comprovado de fitofagia de larvas de Lauxaniidae.

POLINIZAÇÃO EM *DORSTENIA arifolia* LAMARCK (MORACEAE), ESPÉCIE VULNERÁVEL, EM ÁREA REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA

INTRODUÇÃO

Moraceae possui mais de 1.500 espécies distribuídas em cinco tribos (Judd et al. 2002) e alta diversificação de inflorescências (Berg 2001), que possibilita diferentes interações com os polinizadores. A entomofilia e a anemofilia aparecem como as principais síndromes florais na família. Em Ficeae as espécies mantêm relações mutualísticas obrigatórias com vespas polinizadoras (Agaonidae). Essa interação é bastante complexa e serve de modelo para estudos de coevolução (Janzen 1979, Wiebes 1979, Weiblen 2002, Cook & Rasplus 2003, Jousset et al. 2004). Castilleae, tribo irmã de Ficeae (Datwler & Weiblen 2004), possui inflorescências adaptadas à polinização por *Thrips* (Thripidae: Thysanoptera; Sakai 2001, Zerega et al. 2004). Os representantes dessas tribos oferecem local de oviposição como recompensa para o polinizador. Em Artocarpeae, várias espécies de insetos respondem pela polinização (Momose et al. 1998a, Sakai et al. 2000), mas a polinização anemófila também ocorre (Momose et al. 1998b). A anemofilia parece ser a principal síndrome em Moreae (Bawa et al. 1985, Berg 2001) e entomofilia é sugerida para Dorstenieae (Berg 2001).

Dorstenia (Dorstenieae) inclui os representantes herbáceos de Moraceae que são predominantemente monóicos e com inflorescências bissexuais (mas veja Capítulo 1). O gênero apresenta variação de estruturas reprodutivas, incomum entre as angiospermas (Berg 2001), porém a biologia da polinização permanece por ser estudada. Espécies paleotropicals são visitadas por coleópteros (Berg 2001). *Dorstenias* neotropicais necessitam da polinização (Granville 1971), mas os possíveis polinizadores não são conhecidos, embora Berg (2001) afirme que algumas espécies sejam visitadas por “pequenos insetos”.

Dorstenia arifolia Lamarck, endêmica da Floresta Atlântica, é considerada espécie vulnerável (IBAMA 1998), mas está extinta em algumas áreas de sua ocorrência na Zona da Mata mineira (obs. pess.). A vulnerabilidade pode ser associada às suas exigências de hábitat (em sub-bosque, acompanhando cursos de água) e de polinizadores, ainda desconhecidos.

O conhecimento da polinização é uma etapa fundamental para o desenvolvimento de estratégias para a preservação de espécies endêmicas (Kruckberg & Rabinowitz 1985) e por isso objetivou-se conhecer os prováveis polinizadores e analisar o mecanismo de polinização em *Dorstenia arifolia*.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de trabalho - este estudo foi conduzido em uma mata ciliar, no município de Coimbra (20°51'24"S e 42°48'10"W), Zona da Mata mineira, em área de Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Veloso et al. 1991), pertencente aos domínios da Floresta Atlântica (Rizzini, 1992). O clima da região é subtropical moderado úmido, com chuvas concentradas no período de outubro a março (Leal Filho 1992). As temperaturas médias giram entre 19°C e 22°C e a umidade relativa entre 75% a 85% (Castro 1980, Leal Filho 1992). A área representa um fragmento pequeno, aproximadamente sete hectares, e é cercada por plantação de *Eucalyptus* e pastos, além de curso de água (Capítulo 2).

Espécie estudada - *Dorstenia arifolia* Lamarck floresce ao longo do ano (Capítulo 3) e possui cenantos bissexuais (flores pistiladas e estaminadas) e unissexuais (flores estaminadas) em uma mesma planta (Capítulo 1). Essa característica é inédita no gênero e resulta em alta proporção de flores estaminadas em relação às pistiladas (Capítulo 1). Nos cenantos bissexuais há protoginia; na antese das flores pistiladas, o estilete e o estigma bifido são expostos para fora dos alvéolos do cenanto, em média, por 15,7 dias. Após esse período, as flores já fecundadas se recolhem novamente nos alvéolos e inicia-se a fase masculina, que dura, em média, 38,8 dias. A protoginia associada ao recolhimento das flores pistiladas, antes da antese das flores estaminadas, indicam a necessidade de vetores de pólen para que ocorra a polinização e frutificação (detalhes no Capítulo 4). Os cenantos unissexuais expõem as flores estaminadas, em média, por 12,3 dias (Capítulo 1). Material testemunho encontra-se depositado no Herbário VIC (30136, 30137, 30138).

Coleta de insetos com armadilha – os insetos foram capturados em janeiro de 2008. A metodologia utilizada para esta etapa, foi adaptada de Zerega et al. (2004). Foram depositadas armadilhas pastosas ("insect trap coating": Ladd Research Industries, USA) para a captura dos insetos visitantes. O produto não tem cheiro nem contém inseticida. A pasta foi espalhada em placas de Petri de plástico (9 cm de diâmetro), dispostas o mais próximo possível dos cenantos (entre 10 e 15 cm de distância). Foram colocadas 10 placas próximas de cenantos bissexuais, protogínicos, e com as flores pistiladas em antese. Outras 10 placas foram dispostas próximas dos cenantos unissexuais em antese e seis placas em plantas sem cenantos ou com os cenantos jovens (controle). As armadilhas foram removidas após quatro horas de exposição. No laboratório, os insetos foram removidos das

pastas, sob microscópio estereoscópico (Leica) e estocados em etanol 70%; as fezes foram coradas com safranina para verificação de pólen. Esses insetos ficaram bastante danificados e não foi possível monta-los em alfinete entomológico.

Observações sobre o comportamento de visita – as observações sobre o comportamento ocorreram de dezembro de 2006 a fevereiro de 2007. As primeiras observações foram realizadas ao longo do dia, das 08h às 17h30min, durante uma semana. Nesse período, cada planta foi observada durante 10 minutos. Em uma segunda etapa, as observações foram realizadas em 15 plantas (20 min/planta), durante quatro dias (esforço amostral=20horas).

Para verificar se havia oviposição no tecido dos cenantos, foram ensacados cinco cenantos bissexuais, de diferentes plantas, nos quais haviam sido registradas visitas de insetos (dípteros da morfo-espécie 1, Lauxaniidae; veja resultados). Para acompanhar o desenvolvimento larval foram coletados dez cenantos. Esses foram colocados em frascos de vidro, de boca larga coberta com tecido do tipo organza, para observação de eclosão dos insetos. Outros 31 cenantos (bissexuais e unissexuais) foram dissecados no laboratório para avaliar a presença de larvas.

Foram realizadas observações adicionais sobre a presença de larvas em outros 30 cenantos coletados aleatoriamente ao longo do período de estudo e em dois locais de distribuição das plantas.

Experimentos de exclusão – foram utilizados 30 cenantos com diâmetros entre 2,6 a 2,7 cm. Quinze cenantos, em fase de botão floral, foram ensacados com sacos de “failet”, um tecido de trama fechada, para excluir os insetos e checar a necessidade do “serviço” do polinizador. Não foram utilizados cenantos com sobreposição de fases sexuais para eliminar a possibilidade de autopolinização (Capítulo 4). Os outros 15 cenantos foram marcados e não ensacados, para servirem de controle (polinização aberta). Posteriormente, os frutos produzidos por cenanto foram contados e a porcentagem calculada pelo número de flores pistiladas por cenanto.

RESULTADOS

Coleta de insetos com armadilha – A riqueza de espécies capturadas foi baixa com apenas duas ordens (Diptera e Hymenoptera; Tabela 1). Diptera predominou em todas as armadilhas e representou 91% dos insetos coletados. A morfo-espécie 1 (Figura 1) foi particularmente abundante nas armadilhas (48,38% dos cenantos bissexuais e 52,70% dos unissexuais, Tabela 1).

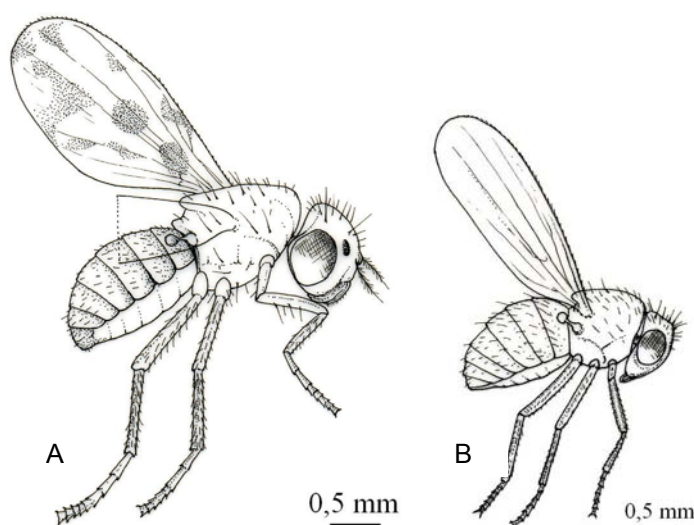


Figura 1 – Moscas capturadas em cenantos de *Dorstenia arifolia* Lauxaniidae: Díptera (A).

Tabela 1 - Abundância de insetos coletados nas armadilhas e associados aos cenantos (bissexuais na fase feminina, unissexuais e jovens) de *Dorstenia arifolia*. Os dados de porcentagem estão entre parênteses.

Ordem	Cenantos		
	Bissexuais (N=10)	Unissexuais (N=10)	Controle (N=6)
Diptera			
Morfo-espécie 1*	15 (48,38)	39 (52,70)	7 (41,17)
Morfo-espécie 2	06 (19,35)	19 (26,68)	0
Morfo-espécie 3	07 (22,58)	11 (14,54)	7 (41,17)
Hymenoptera			
Morfo-espécie 1	03 (9,68)	05 (6,1)	3 (17,65)
Abundância total	31 (25,41)	74 (60,65)	17 (13,93)

* Lauxaniidae

Foi registrado maior número de insetos nas armadilhas dispostas junto aos cenantos unissexuais (estaminados, 60,65%) em relação às dispostas próximas aos bissexuais (25,41%; Tabela 1). Esses dados indicam a importância do pólen como recurso floral para esses vetores. As armadilhas dispostas nas plantas controle capturaram, principalmente, a morfo-espécie 3, alguns indivíduos da morfo-espécie 1 e praticamente nenhum indivíduo das morfo-espécie 2 (Tabela 1).

A morfo-espécie 1 pertence a família Lauxaniidae (Figura 1, Tabela 1). Essa família é pantropical e composta por 149 gêneros e cerca de 1.550 espécies (Kim 1994 citado por Silva & Vilela 2005). Na região neotropical são conhecidos 62 gêneros e aproximadamente 500 espécies cujo tamanho máximo é de 6 mm (Silva 1993). Os espécimes coletados em *D. arifolia* mediam entre 3 e 5 mm de comprimento (as maiores apresentavam manchas escuras nas asas) e foi encontrado pólen nos seus corpos especialmente nas patas (tíbias e tarsos), cabeça e nas fezes.

Observações sobre o comportamento de visita – as visitas ocorreram, principalmente, no período da manhã. Observaram-se picos de visita entre 09h00min e 10h00min. Os dípteros das morfo-espécie 1 (Lauxaniidae) e da morfo-espécie 2 (Tabela 1), visitavam as plantas parando rapidamente nas folhas. Nos cenantos, esses insetos permaneciam por 20 a 30 min., provavelmente se alimentando de pólen. Durante a movimentação entre os cenantos, o voo foi baixo (<1,0 metro) e várias plantas, próximas ou mais distantes entre si, foram visitadas. Também voavam na vertical, em direção aos estratos mais altos. Essas morfo-espécies foram mais facilmente observadas na estação chuvosa, especialmente no período da manhã; à tarde foi registrado um pico de visita entre 15h00min e 16h00min, especialmente nos meses de fevereiro e março (2007).

Nos cenantos dissecados no laboratório, encontraram-se dois tipos de larvas de dípteros. As larvas foram encontradas em cenantos bissexuais, sempre a partir da fase feminina. Uma delas apresentava cor rosa-salmão (larva 1). Em 30 cenantos foram encontradas, em média, 56,67 larvas 1 que se desenvolviam nos alvéolos e se alimentavam dos tecidos do cenanto podendo provocar danos indiretos às flores e impedir a frutificação. Essa larva provavelmente é da morfo-espécie 1 (Lauxaniidae), dada a abundância de indivíduos adultos na área de estudo e nos cenantos (Tabela 1). Além disso, observou-se a presença das larvas 1 nos cenantos ensacados após a visita da morfo-espécie 1 (Figura 1). Essas informações, em adição aos dados sobre a presença de pólen em seus corpos e fezes, demonstram a importância desse díptero na polinização de *D. arifolia*.

O desenvolvimento das larvas 1 aconteceu simultaneamente com o desenvolvimento dos frutos. Após a ejeção de parte dos frutos, as larvas, deixavam o cenanto, desciam pelo pedúnculo (terço superior) e se soltavam para a serapilheira, aonde supostamente impupavam (não foram coletadas pupas nos cenantos). Observou-se também que após a liberação de parte dos frutos, alguns cenantos tombavam na serapilheira e, nesse caso, as larvas permaneciam por mais tempo no interior do cenanto em deterioração. Após dez dias, mais ou menos, foi observada revoada de insetos, provavelmente da morfo-espécie 1, que saíam da serapilheira para as folhas de todas as plantas observadas. A partir das observações mencionadas foi possível inferir um ciclo de vida para essa morfo-espécie (Lauxaniidae) (Figura 2). A outra larva apresentou cor branco-leitosa (larva 2) e se desenvolvia nos ovários, causando danos às flores pistiladas (Figura 2).

Nenhum inseto eclodiu dos dez cenantos colocados em frascos de vidro. Estes cenantos, antes da murcha total, foram dissecados e larvas (larva 1) foram encontradas nos tecidos, bem como flores com larvas 2 e ovários danificados. Os dípteros da morfo-espécie 3 (Tabela 1) emergiam em grande número da serapilheira e paravam sob as folhas nas plantas mais próximas, aonde permaneciam por longo tempo (>30 min); foram também observados nos cenantos, especialmente, nos bissexuais, indicando que esses insetos podem ser polinizadores eventuais. Essa morfo-espécie está presente durante todo o ano, porém concentrou-se no período quente e chuvoso (novembro a abril).

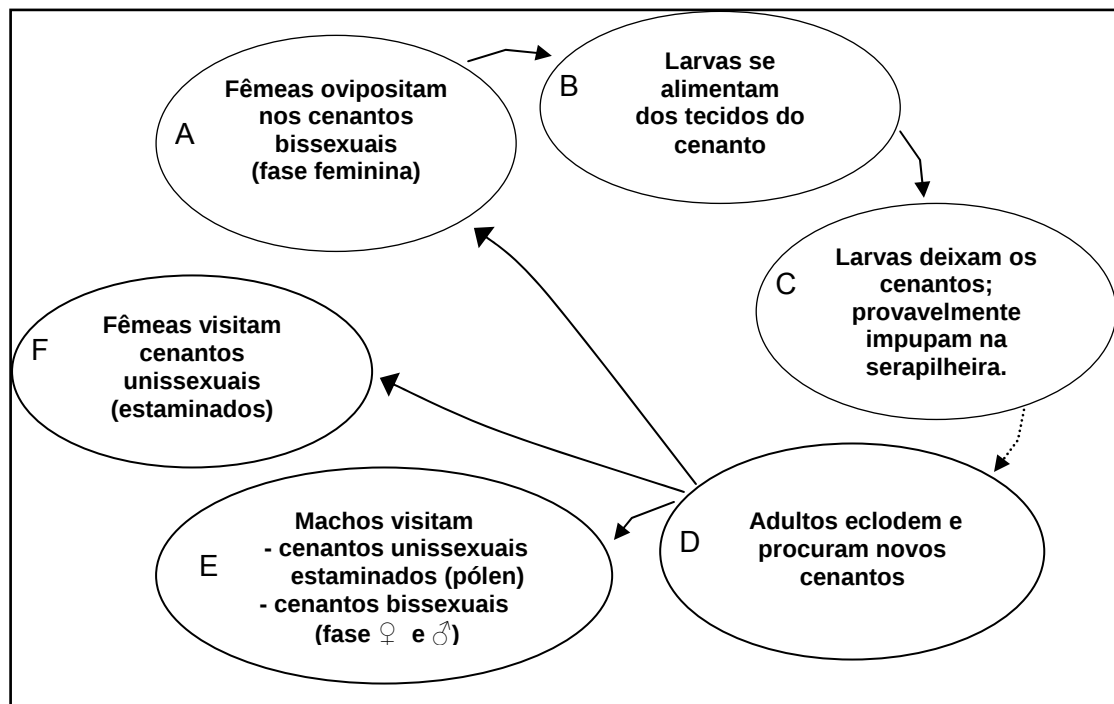


Figura 2 - Provável ciclo de vida da morfo-espécie 1 (Lauxaniidae: Diptera). Parte do ciclo ocorreu nos cenantos de *Dorstenia arifolia* (A, B).

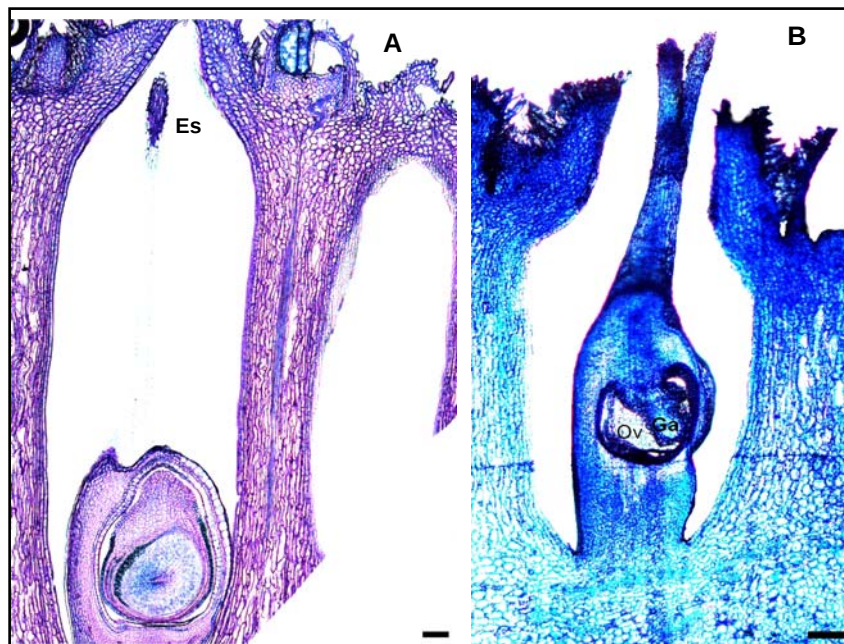


Figura 3 – Corte longitudinal de flores pistiladas de *Dorstenia arifolia*: A – flor fecundada com estilete e estigmas recolhidos; Es= estigma (corado). B – flor com galha (Ga) no ovário (Ov). Barra = 5x.

Os himenópteros não foram considerados como polinizadores devido à sua baixa abundância (Tabela 1). Outros visitantes florais, tais como ácaros e pequenos coleópteros, foram observados nos cenantos bissexuais, especialmente na fase masculina e na frutificação. Esses insetos permaneciam no cenanto por longos períodos (dias) e seus corpos ficavam cobertos de pólen. Além dos insetos, observou-se que 35,5% dos cenantos bissexuais, em fase feminina, estavam infectados por fungos.

Experimentos de exclusão – A produção de frutos variou de quase nula (cenantos ensacados) a 21,72% (polinização aberta ou controle, Tabela 2). Isto indica que o vetor de pólen esteve presente no local, foi eficientemente excluído pelo tecido utilizado e que *D. arifolia* é dependente do vetor para a produção de frutos (da reprodução cruzada). Apenas nos cenantos da polinização aberta (Tabela 2) observaram-se larvas de dípteros.

Tabela 2 – Número de flores e de frutos (%) em cenantos bissexuais de *Dorstenia arifolia* nos tratamentos de polinização aberta (PA) e de cenantos ensacados e número médio de larvas 1 (rosa-salmão) ou 2 (branco-leitosa) por cenanto.

Tratamentos	Cenantos (No.)	Flores/cenanto ($\bar{X} \pm DP$)	Frutos/cenanto ($\bar{X} \pm DP$)	Larva 1	Larva 2
PA	15	291,5±83,6	63,3±42 (21,72)	1,9±1,0	0,33±1,0
Ensacados	15	267,5±76,6	1,4±3,7 (0,52)	0	0

Discussão

Os resultados demonstraram que *D. arifolia* é miiófila com base em: 1) dípteros predominaram em todas as armadilhas e representaram 91% dos insetos coletados; 2) presença de pólen no corpo da morfo-espécie 1 (Lauxaniidae), inclusive em suas fezes; e 3) os resultados obtidos no experimento de exclusão, que indicaram a dependência de *D. arifolia* por vetores de pólen (para a polinização cruzada). Essa síndrome foi sugerida para as dorstenias neotropicais com base em características das inflorescências, tais como forma, cor e odor (Berg 2001). Portanto, o presente estudo, apresenta, pela primeira vez, as interações entre dípteros e uma espécie de dorstenia, e confirma as suposições de Berg (2001) e outros autores (Bawa et al 1985).

Dentre as três morfo-espécies de dípteros visitantes de *D. arifolia*, a morfo-espécie 1, pertencente à família Lauxaniidae, foi a principal polinizadora. Espécies dessa família foram registradas como visitantes de diversas flores (Willis & Burkill 1895-1908 citado por Proctor et al. 1996) e, pelo menos, uma espécie participa da polinização de *Aristolochia melanostoma* (Aristolochiaceae; Brantjes 1980, Endress 1994).

Todos os visitantes florais, polinizadores ou não, utilizaram o pólen como recurso floral, disponível em ambos cenantos e observado em fezes da morfo-espécie 1. Além disso, foi capturado um número maior de insetos nos cenantos unissexuais, em fase de liberação do pólen. O pólen é importante como recurso protéico necessário para a maturação sexual das fêmeas e também dos ovos de dípteros (como os sirfídeos, por exemplo) (Hickman et al. 1995). Dentre as tribos de Moraceae, o pólen representa um recurso importante para polinizadores (trips) de *Castilla*, tanto as paleotropicais (Sakai 2001) quanto as neotropicais (Zerega et al. 2004).

O local de nidificação foi outro recurso utilizado pelos dípteros mais abundantes que visitaram *D. arifolia*. A dissecação dos cenantos apontou dois tipos de larvas: aquelas que se desenvolviam entre as flores, consumindo os tecidos dos cenantos, e outras diretamente no ovário, consumindo o óvulo. Dípteros polinizadores que utilizam estruturas florais para oviposição (não especificamente os óvulos) foi registrado em Sterculiaceae (Young 1984), Araceae (Yafuso 1993, 1994), Moraceae (Sakai et al. 2000) e Solanaceae (Santos & Vilela 2005). Como polinizadores e parasitas de óvulos, os dípteros foram encontrados em Agavaceae (Pellmyr 1989, 1992) e em *Trollius* (Ranunculaceae; Pellmyr 1989). Larvas de espécies de Lauxaniidae foram observadas em ovários de *Viola* sp. (Kaltenbach 1874 citado por Silva & Mello 2008).

A oferta de locais para a oviposição é comum em algumas tribos de Moraceae, tais como Artocarpeae e Castilleae (Bawa et al. 1985, Sakai et al. 2000, Berg 2001, Zerega et al. 2004) e havia sido sugerida para membros de Dorstenieae que possuem inflorescências estaminadas (Berg 2001). Entretanto, a relação entre *D. arifolia* e seu polinizador, a morfo-espécie 1 (Lauxaniidae), foi diferente de outra espécie de Moraceae, também polinizada por dípteros, e estudada por Sakai et al. (2000). Em *D. arifolia* a nidificação ocorreu predominantemente nos cenantos bissexuais e raramente nos cenantos estaminados. As fêmeas são atraídas para os cenantos bissexuais, em fase feminina, para ovipor e suas larvas se desenvolvem concomitantemente com os frutos de *D. arifolia*. Este comportamento é contrário ao observado em *Artocarpus interger* (Sakai et al. 2000). Em *A. interger*, duas espécies

de galhadores ovipositam nas inflorescências estaminadas e visitam as pistiladas atraídas pelo odor; suas larvas se alimentam e se desenvolvem em inflorescências que foram polinizadas e caíram ou estão por cair (Sakai et al. 2000, Sakai 2002). A polinização é passiva em ambos os casos, mas na interação “pós-polinização”, em *A. interger*, não ocorre perda de sementes (Sakai 2002). Na interação entre *D. arifolia* e a morfo-espécie 1, ocorreu perda de sementes devido aos danos diretos nos tecidos e danos indiretos às flores e, por isso, essa relação é mais dispendiosa para a planta.

A fitofagia das larvas de Lauxaniidae, em cenantos de *D. arifolia*, está sendo reportada pela primeira vez. A fitofagia, nessa família, foi anteriormente sugerida por Silva e Melo (2008), para espécies de Asteraceae. Esses autores encontraram larvas de *Physochypeus farinosus* (Lauxaniidae) supostamente se alimentando de tecidos de várias espécies de Asteraceae. Entretanto, os estágios larvais de Lauxaniidae são considerados saprófagos (Miller 1977) e, possivelmente, se alimentem de fungos (Miller & Foote 1976, Broadhead 1984). Em *D. arifolia*, as larvas da morfo-espécie 1 se alimentavam dos tecidos do cenanto que ficavam necrosados em parte, após a saída das larvas.

A interação entre *Dorstenia arifolia* e o díptero da morfo-espécie 2 envolve o parasitismo de óvulos apenas relatado, anteriormente, em *Yucca* (Agavaceae) embora o parasitismo de óvulos seja comum entre vespas e *Fícus* (Janzen 1979). Essa interação é altamente especializada e dispendiosa para as plantas e, por isso, é tão restrita segundo Sakai (2000), sendo inédita em Dorstenieae. Entretanto, dípteros que parasitam óvulos, polinizam ativamente (Pellmyr 1989, 1992) e apresentam maior especificidade com suas plantas hospedeiras (Sakai 2002). As observações realizadas em *D. arifolia* indicaram que as duas espécies polinizam passivamente, embora estudos detalhados sejam fundamentais para esclarecer a questão da especificidade entre *D. arifolia* e a morfo-espécie 2.

Polinizadores que parasitam óvulos e que polinizam passivamente foram descritos em espécies de *Lithophragma* (Saxifragaceae) e mariposas do gênero *Greya* (Pellmyr & Thompson 1992). Nesse tipo de interação, os atrativos para os polinizadores podem incluir a temperatura (termogênese), como ocorre em Araceae (Miyake & Yafuso 2003, Yafuso 1993, 1994), o micélio de fungo, em Moraceae (Sakai et al. 2000), o odor e o pólen. Em *Dorstenia arifolia* os principais atrativos foram o pólen e o local de nidificação. Apesar de nenhuma fragrância floral ter sido detectada, o papel do odor na atração de suas moscas polinizadoras deve ser pesquisado uma vez que compostos voláteis foram descritos em *Dorstenia turnerifolia* Fischer & Meyer (Kaiser 2000).

As hifas de fungos, comumente encontradas nos cenantos de *D. arifolia*, provavelmente são atrativos. O micélio de fungos representa o principal recurso oferecido para as larvas de dípteros galhadores que polinizam *Artocarpus interger* (Moraceae), segundo Sakai et al. (2000). Os fungos podem, provavelmente, servir de alimento para espécies de Lauxaniidae (Miller & Foote 1976, Broadhead 1984). Essas observações reforçam a importância de se esclarecer a biologia de Lauxaniidae na região neotropical, conforme sugerido por Silva & Mello (2008).

Outros visitantes bastante comuns nos cenantos, especialmente nos bissexuais, foram pequenos coleópteros e ácaros. Esses insetos foram mais freqüentes nas fases masculinas do cenantos e na fase de frutificação; além disso, não visitavam vários cenantos e sim, permaneciam em um único, por longos períodos (> 4:00 h). Por isso não foram considerados importantes para a fecundação cruzada. Entretanto, os coleópteros e ácaros podem ser eficazes como auxiliares na autofecundação, especialmente nos cenantos que apresentam sobreposição de fases sexuais (protoginia parcial, Capítulo 1). Estudos são necessários para confirmar essa interação.

As interações entre *D. arifolia* e seus visitantes são intrigantes e merecem estudos pormenorizados. Essa espécie é particularmente interessante por oferecer uma oportunidade única para o estudo do papel de co-polinizadores e/ou não polinizadores na evolução do sistema de polinização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mecanismo de polinização de *D. arifolia* pode ser dividido em dois tipos, conforme o comportamento do polinizador. Um dos tipos o díptero (morfo-espécie 2) parasita o óvulo. Esse mecanismo só foi descrito até hoje em cinco linhagens que incluem os figos (*Ficus*, Moraceae polinizado por vespas Agaonidae; Janzen 1979, Wiebes 1979), as iucas (*Yucca*, Agavaceae polinizada mariposas Prodoxidae; Baker 1986, Pellmyr & Thompson 1992), *Trollius* (Ranunculaceae, polinizado por dípteros Anthomyidae; Pellmyr 1989, 1992) e *Lophocerus* (Cactaceae, polinizada por mariposas Pyralidae; Fleming & Holland 1998). Segundo Sakai (2000), esse tipo de polinização é raro devido ao alto custo da interação entre a planta e o polinizador.

No segundo tipo, o polinizador (Diptera: Lauxaniidae, morfo espécie 1) ovipõe nos cenantos bissexuais e suas larvas crescem após a polinização e se alimentam dos tecidos do cenanto e, embora não de alimento dos óvulos, pode danificar as flores. Outros membros de Moraceae (Artocarpeae) são também, polinizados por dípteros (Cecidomyiidae, Drosophilidae e Phoridae) que visitam e

ovipositam em inflorescências estaminadas (Sakai et al. 2000). Entretanto, o recurso para as larvas desses dípteros é o micélio de fungo, que se desenvolve na inflorescência estaminada (Sakai et al. 2000). Isso implica que o custo da interação “díptero morfo-espécie 2 e *D. arifolia*” é comparativamente mais alto, uma vez que a frutificação pode ser afetada negativamente, de forma indireta, através da perda de sementes.

A interação entre *Dorstenia arifolia* e seus polinizadores (Diptera), envolve a polinização passiva, na qual o pólen é o recurso para adultos (machos e fêmeas), os óvulos são o recurso para as larvas da morfo-espécie 2 e os tecidos do cenanto para as larvas da morfo-espécie 1 (Lauxaniidae). Essas observações apontam para a importância de estudos que esclareçam as interações entre esses insetos e suas plantas hospedeiras, na região neotropical.

Bibliografia

- Bawa K.S., Bullock S.H., Perry D.R., Coville R.E., Grayum M.H. 1985. Reproductive biology of tropical lowland rain forest trees. II. Pollination systems. *American Journal of Botany* 72: 346-356.
- Berg C.C. 2001. Moreae, Artocarpeae and *Dorstenia* (Moraceae) with introductions to the family and *Ficus* and with additions and corrections to Flora Neotropica Monograph 7. Flora Neotropica Monograph 83. New York Botanical Garden, New York, USA.
- Baker H.G. 1986. Yucca and yucca moths: a historical commentary. *Annual of Missouri Botanical Garden* 73: 556-564.
- Brantjes N., B., M. 1980. Floral morphology of *Aristolochia* species and the consequences for pollination. *Acta Botânica Neerlandica* 29: 212-213.
- Broadhead E.C. 1984. Adaptations for fungal grazing in Lauxaniid flies. *Journal of Natural History* 18: 639-649.
- Castro P.S. 1980. Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG. Dissertação de Mestrado. 107p. ESALQ, Piracicaba, SP.
- Cook J.M., Rasplus J.Y. 2003. Mutualist with attitude: coevolving fig wasps and figs. *Trends in Ecology and Evolution* 18: 241-248.
- Datwyler S.L., Weiblen G.D. 2004. On the origin of the figs: phylogenetic relationship of Moraceae from NDHF sequences. *American Journal of Botany* 91: 767-777.
- Endress P.K. 1994. Diversity and evolutionary biology of tropical flowers. Cambridge University Press, Cambridge.
- Fleming T.H., Holland J.N. 1998. The evolution of obligate pollination mutualisms: sentia cactus and sentia moth. *Oecologia* 114: 368-375.
- Granville J.J. 1971. Notes sur la biologie florale de quelques espèces du genre *orstenia* (Moracées). *Cah. ORSTOM, Sér. Biol.* 15: 61-97.
- Hickman J.M., Lovei G.L., Wratten S.D. 1995. Pollen feeding by adults of the hoverfly *Melastoma fasciatum* (Diptera: Syrphidae).
- IBAMA. 1998. Lista de espécies ameaçadas de extinção. www.lbama.gov.br.

- Judd W.S., Campbell C.S., Kellog E.A., Stevens P.F. 2002. Plant systematics: a phylogenetic approach. Sinauer Associates Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts-EUA.
- Janzen D.H. 1979. How to be a fig. *Annual Review of Ecology and Systematic* 10: 13-51.
- Jousselin E.M., Hossaert-Mckey D., Kjelberg E. 2004. Egg deposition patterns of fig pollinating wasps: implications for studies on the stability of the mutualism. *Ecological Entomology* 26: 602-608.
- Kaiser R. 2000. Scents from rain forests. *Chimia* 54: 346-363.
- Kruckeberg A.R., Rabinowitz D. 1985. Biological aspects of endemism in higher plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 447-479.
- Leal-Filho N. 1992. Caracterização do banco de sementes de três estágios de uma sucessão vegetal na Zona da Mata de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado. 116p. UFV, Viçosa, MG.
- Miller R.M., Foote B.A. 1976. Biology and immature stages of eight species of Lauxaniidae (Diptera). II Descriptions of immature stages and discussion of larval feeding habits and morphology. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 78: 16-37.
- Miller R.M. 1977. Ecology of the Lauxaniidae (Diptera: Acalyptratae). I Old and new rearing records with biological notes and discussion. *Annals of the Natal Museum* 23: 215-238.
- Miyake T., Yafuso M. 2003. Floral scents affect reproductive success in fly- pollinated *Alocasia odora* (Araceae). *American Journal of Botany* 90: 370-376.
- Momose K., Hatada A., Yamaoka R., Inoue T. 1998a. Pollination biology of the genus *Artocarpus*, Moraceae. *Tropics* 7: 165-172.
- Momose K., Umoto T., Nagamitsu T., Kato M., Nagamasu H., Sakai S., Harrison R.D., Itioka T., Hamid A.A., Inoue T. 1998b. Pollination biology in a lowland dipterocarp forest in Sarawak, Malaysia. I. Characteristics of the plant-pollinator community in a lowland dipterocarp forest. *American Journal of Botany* 85: 1477-1501.
- Pellmyr O. 1989. The cost of mutualism: interactions between *Trollius europaeus* and its pollinating parasites. *Oecologia* 78: 53-59.
- Pellmyr O. 1992. The phylogeny of a mutualism: evolution and coadaptation between *Trollius* and its seed-parasitic pollinators. *Biological Journal of Linnean Society* 47: 337-365.
- Pellmyr O., Thompson J.M. 1992. Multiple occurrence of mutualism in the yucca moth lineage. *Proceedings of Natural Academies of Science* 89: 2927-2929.
- Proctor M., Yeo P., Lack A. 1996. The natural history of pollination. Timber Press, Inc, Portland, Oregon.
- Rizzini C.T. 1992. Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Editora Âmbito cultural Ltda., São Paulo, SP.
- Sakai S. 2001. Thrips pollination of an androdioecious *Castilla elastica* (Moraceae) in a seasonal tropical forest. *American Journal of Botany* 88: 1527-1534.
- Sakai S. 2002. A review of brood-site pollination mutualism: plants providing breeding sites for their pollinators. *Journal Plant Research* 115: 161-168.
- Sakai S., Kato M., Nagamasu H. 2000. *Artocarpus* (Moraceae) – gall midge pollination mutualism mediated by a male flower parasitic fungus. *American Journal of Botany* 87: 440-445.
- Silva V.V. 1993. Revisão dos gêneros neotropicais de Lauxaniidae com ênfase nos gêneros com antena longa (Diptera, Schizophora). Tese de Doutorado. Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.

- Silva V.C., Mello R.L. 2008. Occurrence of *Physoclypeus farinosus* Hendel (Diptera: Lauxaniidae) in flowerheads of Asteraceae (Asterales). *Neotropical Entomology* 37:92-96.
- Santos R.C., Vilela C.R. 2005. Breeding sites of Neotropical Drosophilidae (Diptera). IV. Living and fallen flowers of *Sessea brasiliensis* and *Cestrum* spp. (Solanaceae). *Revista Brasileira de Entomologia* 49: 544-551.
- Veloso H.P., Rangel-Filho A.L.R., Lima J.C.A. 1991. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. IBGE: Rio de Janeiro, RJ.
- Wiebes J.T. 1979. Coevolution of figs and their insect pollinators. *Annual Review of Ecology and Systematic* 10:1-12.
- Weiblen G.D. 2002. Correlated evolution in fig pollination. *Systematic Biology* 53: 128-139.
- Zerega N.J.C., Mound L.A., Weiblen G.D. 2004. Pollination in the New Guinea endemic *Antiaropsis decipiens* (Moraceae) is mediated by a new species of thrips, *Thrips antiaropsidis* sp. Nov. (Thysanoptera: Thripidae). *International Journal of Plant Sciences* 165: 1017-1026.
- Yafuso M. 1993. Thermogenesis of *Alocasia odora* (Araceae) and the role of *Colocasiomyia* flies (Diptera: Drosophilidae) as cross-pollinators. *Environmental Entomology* 22: 601–606.
- Yafuso M. 1994. Life history traits related to resource partitioning between synhospitalic species of *Colocasiomyia* (Diptera, Drosophilidae) breeding in inflorescences of *Alocasia odora* (Araceae). *Ecological Entomology* 19: 65–73.
- Young A.M. 1984. Mechanism of pollination by Phoridae (Diptera) in some *Herrania* species (Sterculiaceae) in Costa Rica. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 86: 503–518.