

ANA APARECIDA BANDINI ROSSI

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Psychotria ipecacuanha* (BROT.)
STOKES (RUBIACEAE)**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das
exigências do Programa de Pós-
graduação em Botânica, para
obtenção do título de “Magister
Scientiae”

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

R831b Rossi, Ana Aparecida Bandini, 1965-
2003 Biologia reprodutiva de *Psychotria ipecacuanha* (Brot.)
Stokes (Rubiaceae) / Ana Aparecida Bandini Rossi. –
Viçosa : UFV, 2003
61p. : il.

Orientador: Luiz Orlando de Oliveira
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de
Viçosa

1. *Psychotria ipecacuanha* - Reprodução. 2. *Psychotria ipecacuanha* - Propagação. 3. Heterostilia. 4. *Psychotria ipecacuanha* - Morfologia. 5. *Psychotria ipecacuanha* - Fenologia. 6. Plantas medicinais. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 583.520416
CDD 20.ed. 583.520416

ANA APARECIDA BANDINI ROSSI

**BIOLOGIA REPRODUTIVA DE *Psychotria ipecacuanha* (BROT.)
STOKES (RUBIACEAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Botânica, para obtenção do título de “Magister Scientiae”.

Milene Faria Vieira
(Conselheira)

Aristéa Alves Azevedo
(Conselheira)

Maria das Graças Lins Brandão

Rita Maria de Carvalho-Okano

Luiz Orlando de Oliveira
(Orientador)

A meu esposo, Osvaldo

Aos meus filhos, Fernanda e Fernando

Aos meus pais, Palmira e José.

Dedico

No final conservaremos apenas o que
amamos, amaremos somente o que
compreendemos, compreenderemos
somente o que nos é ensinado.

(Baba Dioum)

AGRADECIMENTO

A Deus, pelas oportunidades que obtive e pelos dons recebidos.

Aos meus pais, pela vida, pelos ensinamentos e pelos exemplos de vivência.

Ao meu esposo, Osvaldo, pelo incentivo, pela paciência e pelo companheirismo de toda uma vida.

Aos meus filhos, Fernanda e Fernando, pela compreensão e pelas alegrias a mim proporcionadas, mesmo em momentos difíceis.

Ao meu orientador, professor Luiz Orlando de Oliveira, pela paciência, pela amizade, pelas sugestões e pelos ensinamentos que contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

A professora, Milene Faria Vieira, pela orientação, pelo incentivo, pelas sugestões e pelas palavras amigas que me despertavam autoconfiança.

As professoras, Aristéa Alves Azevedo e Renata Strozi Alves Meira, pela amizade, pela atenção e pela orientação no Laboratório de Anatomia Vegetal.

Aos professores, Wagner Campos Ottoni e Eldo Antonio Monteiro da Silva, pela amizade, pelo incentivo e pelo apoio ao longo do trabalho.

Ao Sergio Sabino da Silva e a Lourdes Iarema, pela amizade e ajuda na realização dos trabalhos de campo.

A Mariana e a Alexa, pela atenção e orientação durante a realização da acetólise no apiário.

Ao Willian, pela ajuda na localização da área de estudo.

A Célia, pela amizade, pela ajuda e incentivo durante a realização deste trabalho.

As funcionárias do Laboratório de Anatomia Vegetal, Rosane e Zilda pelos ensinamentos e pela amizade.

Ao Leacir, funcionário do Laboratório de Análises de Sementes Florestais, pela atenção e pelos ensinamentos.

Aos amigos da turma Maurecilne, Celice, Fabiano, Sanzia, Zefa, Sheila, Andresa, Dora, Braz e Carlinhos, pelo companheirismo e pelos obstáculos vencidos em conjunto.

Ao Maninho, pela compreensão e ajuda nas coletas de dados.

A Universidade do Estado de Mato Grosso, pela oportunidade da efetivação de mais esta etapa em minha vida.

A Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao IEF (Instituto Estadual de Florestas), por permitir a realização dos estudos na Unidade de Conservação Parque Estadual do Rio Doce.

Ao proprietário da fazenda Caite, por permitir a realização dos estudos em sua propriedade.

Aos funcionários do Parque Estadual do Rio Doce, pela atenção e a ajuda nos trabalhos de campo.

BIOGRAFIA

ANA APARECIDA BANDINI ROSSI, filha de José Bandini e Palmira Christina Polotto Bandini, nasceu em 25 de outubro de 1965, em Marialva, Estado do Paraná. Casada com Osvaldo Saragosa Rossi, mãe de Fernanda Saragosa Rossi e Fernando Saragosa Rossi.

Em janeiro de 1996, diplomou-se em Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado do Mato Grosso (UNEMAT).

Em maio de 1996, ingressou na UNEMAT como docente na área de Biologia Geral.

Em abril de 2001, iniciou o Programa de Mestrado em Botânica na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Biologia Reprodutiva.

CONTEÚDO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3

CAPÍTULO I: Dimorfismo floral e composição populacional em *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae).....

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO.....	9
MATERIAL E MÉTODOS.....	11
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22
TABELAS.....	29
FIGURAS.....	32

CAPÍTULO II: Propagação clonal e reprodução sexual em <i>Psychotria ipecacuanha</i>	
(Brot.) Stokes (Rubiaceae), uma espécie medicinal nativa dos	
sub-bosques da Floresta Atlântica.....	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
INTRODUÇÃO.....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
RESULTADO E DISCUSSÃO.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
TABELAS.....	53
FIGURAS.....	57
CONCLUSÕES GERAIS.....	61

RESUMO

ROSSI, Ana Aparecida Bandini, M.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2003. **Biologia reprodutiva de *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae).** Orientador: Luiz Orlando de Oliveira. Conselheiros: Milene Faria Vieira, Aristéa Alves Azevedo e Wagner Campos Otoni.

Psychotria ipecacuanha é uma espécie medicinal se desenvolve em agregados perenes, denominados reboleiras, em áreas úmidas e sombrias no sub-bosque da Floresta Atlântica. O presente trabalho caracterizou a propagação clonal, a variação de atributos florais e a fecundidade em 35 reboleiras de três populações de *Psychotria ipecacuanha* naturais do sudeste brasileiro. As reboleiras foram avaliadas entre novembro de 2001 a dezembro de 2002, em intervalos que variaram de 15 a 30 dias. As reboleiras apresentaram-se com bordas bem delimitadas, tomando formas que, visualmente, lembram circunferências ou elipses. Foi mais freqüente encontrar reboleiras que apresentaram até seis m² de área ocupada e possuíam menos de 110 hastes. A maioria das hastes apresentou até 20 cm de altura, com até 11 nós e até sete folhas totalmente expandidas. O período de florescimento foi relativamente curto e bem definido, tendo se iniciado na segunda quinzena de novembro e se prolongado até o início de janeiro. A formação de frutos ocorreu de dezembro até abril. Floração e frutificação ocorreram de modo sincronizado em todas as reboleiras, independente da

forma floral apresentada. Observações de campo mostraram que as reboleiras são isomórficas, isto é, apresentam apenas uma forma floral (brevistila ou longistila) e que as populações são isopléticas, isto é, apresentam razão equilibrada (1:1) entre as formas florais. Estigmas e anteras estão posicionadas reciprocamente em cada forma floral, um dimorfismo característico de distília. Flores brevistilas apresentaram maiores valores para o comprimento da antera, comprimento do estigma, diâmetro da corola, número de grãos de pólen por antera e diâmetro do grão de pólen. Flores da forma brevistila apresentaram diferenças interpopulacionais significativas com relação aos atributos florais investigados. Flores da forma longistila também apresentaram diferenças interpopulacionais significativas, exceto quanto à altura dos estigmas e comprimento da corola. Polinizações controladas conduzidas em condições naturais mostraram que a produção de frutos foi maior após polinização legítima. Porém, observações do crescimento de tubos polínicos juntamente com a produção de frutos após autopolinização espontânea e polinização ilegítima sugerem que a espécie apresenta compatibilidade intraforma. Em geral, as reboleiras de forma floral brevistila não se diferenciaram daquelas de forma longistila quanto ao número de inflorescências por reboleira, número de flores por inflorescência, número de inflorescências com frutos e número de frutos por inflorescência. Houve, porém, uma tendência de se encontrar mais frutos por reboleira quando a reboleira possuía flores longistilas e conseqüentemente, nos dois ciclos avaliados, o sucesso reprodutivo foi maior nas reboleiras que apresentaram esta forma floral.

ABSTRACT

ROSSI, Ana Aparecida Bandini, M.S., Universidade Federal de Viçosa, February of 2003. **Reproductive biology of *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae).** Advisor: Luiz Orlando de Oliveira. Committee Members: Milene Faria Vieira, Aristéa Alves Azevedo and Wagner Campos Otoni.

Psychotria ipecacuanha is a perennial, medicinal herb that grows in clusters in the understory of humid, shady areas of the Atlantic Rain Forest of southeastern Brazil. The present study characterized the clonal propagation, the variation in floral traits, and the fecundity 35 clusters from three wild populations of *Psychotria ipecacuanha*. The clusters were evaluated from November 2001 to December 2002. Visiting intervals ranged from 15 to 30 days. The clusters displayed circular or elliptical shape with very well delimited borders. The majority of the clusters occupied up to six m² and presented less than 110 stems. An average stem within a cluster exhibited about 20 cm of height, with about 11 nodes, and up to seven totally expanded leaves. The species showed a relatively short, well defined period of flowering that initiated by mid-November and extended through mid-January. Fruits were observed from late December up to April. Flower and fruit production were synchronized among all clusters, regardless the floral morph. Field observations showed that the clusters are isomorphic, that is, a given cluster present either long-styled or short-styled flowers. The populations are isoplethic, that is, a given population exhibit an equilibrium 1:1 ratio of floral morphs. Stigmas and

anthers are reciprocally placed in each morph, a dimorphism characteristic of distyly. Anther length, stigma length, corolla diameter, number of pollen grains per anther, and pollen grain diameter were greater in short-styled flowers. Significant differences for floral traits were found at the among-population level for the short-styled morph. Regarding long-styled morph, only stigma height and corolla length did not exhibited significant differences at the among-population level. Controlled pollination carried out in the natural populations showed that fruit production was higher after inter-morph pollination. Nevertheless, observation of pollen tube growth in style together with fruit production after spontaneous self-pollination and intra-morph pollination suggested the presence of intramorph compatibility in this plant species. Taken as a whole, the attributes of fertility (number of inflorescence per cluster, number of flowers per inflorescence, number of infrutescence per cluster, and number of fruits per infrutescence) did not distinguished between clusters with short- or long-styled flowers. Larger number of fruits per cluster was found in clusters of long-styled flowers and, therefore, reproductive success was higher in this type of cluster.

INTRODUÇÃO GERAL

A família Rubiaceae inclui aproximadamente 630 gêneros e 10.200 espécies, a grande maioria delas ocorrendo em regiões tropicais e subtropicais do mundo (Mabberley 1997).

O gênero *Psychotria* é considerado o maior da família (Cronquist 1988), com 1500 a 1600 espécies distribuídas nos trópicos e subtropicais de ambos os hemisférios, além de ser um dos mais representativos no sub-bosque de florestas tropicais (Burger & Taylor 1993, Taylor 1996). Uma das características marcantes desse gênero é possuir diversas espécies heterostílicas (Barret 1992), apresentando a distília, como por exemplo: *P. acuminata*; *P. chiapensis*, *P. officinalis* e *P. suerrensii* (Bawa & Beach 1983), *P. faxlucens* (Pérez-Nasser *et al.* 1993), *P. suerrensii* (Stone 1996), *P. ipecacuanha* (Assis 1992, Martins 2000).

Psychotria ipecacuanha (Brot.) Stokes (= *Cephaelis ipecacuanha* (Brot.) A. Rich.), vulgarmente, denominada de poaia ou ipeca, é espécie medicinal, reconhecida mundialmente por suas propriedades expectorante, amebicida e vomitiva, devido ao acúmulo de alcalóides isoquinolínicos em suas raízes (Trease & Evans 1989). No passado, esta espécie atingiu uma grande importância medicinal, o que contribuiu para que ela estivesse sujeita a um processo de intenso extrativismo (Addor 1945, Oliveira & Martins 1998), é espécie ameaçada de extinção (Mendonça & Lins 2000). Atualmente,

o impacto das coletas silvestres se encontra minimizado, mas o declínio das populações nativas ainda continua, desencadeados por vários fatores, em geral, relacionados às perturbações antrópicas dos habitats naturais (Oliveira & Martins 2002).

O crescente uso das plantas medicinais em muitos países e a aceleração da destruição das regiões naturais nos trópicos (Hamann 1991), bem como, a perda da diversidade genética, que tem sido associada à destruição e à fragmentação dos ecossistemas e aos estresses ambientais como a poluição e as mudanças climáticas globais (Baur & Schmid 1996), deixa clara a urgente necessidade de estabelecer políticas e ações de conservação destes recursos.

As reduções drásticas, das populações naturais de plantas de uso medicinal, tem sido relacionadas ao processo predatório de exploração e ao desconhecimento dos mecanismos de perpetuação das mesmas. A perspectiva de estabelecimento de estratégias que viabilizem sua conservação implica a geração de conhecimentos relativos a sua autoecologia, especialmente demografia e biologia reprodutiva, bem como no repasse destas estratégias (tecnologias) para os produtores e ou extratores. Assim o presente estudo caracterizou aspectos da biologia reprodutiva em populações naturais de *P. ipecacuanha*, a fim de elucidar fatores que poderão contribuir para a implementação de ações efetivas visando sua conservação genética.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Addor, A.A. 1945. Considerações acerca da poaia. **Boletim do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro** 34: 1-18.

Assis, M.C. 1992. **Aspetos taxonômicos, anatômicos e econômicos da “ipeca”, *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes**. São Paulo, Universidade de São Paulo. Tese de Mestrado. 132p.

Barret, S.C.H. 1992. Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. In: Barret, S. C. H. (ed.). **Evolution and function of heterostyly**. Monographs on theoretical and applied genetics. Springer-Verlag. 275 p.

Baur, B. & Schmid, B. 1996. Spatial and temporal patterns of genetic diversity within species. In: Gaston, K.J. (ed.). **Biodiversity, a biology of numbers and differences**. Oxford: Blackwell Science.

Bawa, K. S. & Beach, J. H. 1983. Self-incompatibility systems in the Rubiaceae of a tropical lowland wet forest. **American Journal of Botany** 70: 1281-1288.

Burger, W. & Taylor, C.M. 1993. Flora Costaricensis. **Fieldiana** **33**: 1-333.

Cronquist, A. 1988. **The evolution and classification of flowering plants**. Second edition. New York Botanical Garden, New York. 555p.

Hamann, O. 1991. The joint IUNC-WWF plants conservation programme and its interest in medicinal plants. In: Akerele, O., Heywood, V. & Synge, H. (eds). **Conservation of medicinal plants**. Cambridge: Cambridge University Press.

Mabberley, D.J. 1997. **The plant-book**. Cambridge University Press, Cambridge. 858p.

Martins, E.R. 2000. **Conservação da poaia (*Psychotria ipecacuanha*): coleta, ecogeografia, variabilidade genética e caracterização reprodutiva**. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos de Goytacazes – RJ. Dissertação de Mestrado 108 p.

Mendonça, M.P. & Lins, L.V. 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, Fundação Zôo-Botânica de Belo Horizonte, 157p.

Oliveira, L.O. & Martins E.R. 1998. **O desafio das plantas medicinais brasileiras: I – O caso da poaia (*Cephaelis ipecacuanha*)**. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF, 73 p.

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.

Pérez-Nasser, N.; Eguiarte, L.E.; Piñero, D. 1993. Mating system and genetic structure of the distylous tropical tree *Psychotria faxlucens* (Rubiaceae). **American Journal of Botany** **80**: 45-52

Stone, J.L. 1996. Components of pollination effectiveness in *Psychotria suerrensis*, a tropical distylous shrub. **Oecologia** **107**: 504-512.

Taylor, C.M. 1996. Overview of the Psychotrieae (Rubiaceae) in the Neotropics. **Opera Bot. Belg.** **7**: 261-270.

Trease, G.E. & Evans, W.C. 1989. **Pharmacognosy**. London: Baillière Tindal, 450p.

CAPÍTULO I

Dimorfismo floral e composição populacional em *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae)

RESUMO

(Dimorfismo floral e composição populacional em *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae)). *Psychotria ipecacuanha* é uma espécie medicinal se desenvolve em agregados perenes, denominados reboleiras, em áreas úmidas e sombrias no sub-bosque da Floresta Atlântica. O presente trabalho caracterizou a variação de atributos florais em 35 reboleiras de três populações naturais do sudeste brasileiro. Observações de campo mostraram que as reboleiras são isomórficas, isto é, apresentam apenas uma forma floral (brevistila ou longistila) e que as populações são isopléticas, isto é, apresentam razão equilibrada (1:1) entre as formas florais. Estigmas e anteras estão posicionadas reciprocamente em cada forma floral, um dimorfismo característico de distília. Flores brevistilas apresentaram maiores valores para o comprimento da antera, comprimento do estigma, diâmetro da corola, número de grãos de pólen por antera e diâmetro do grão de pólen. Flores da forma brevistila apresentaram diferenças interpopulacionais significativas com relação aos atributos florais investigados. Flores da forma longistila também apresentaram diferenças interpopulacionais significativas, exceto quanto à altura dos estigmas e comprimento da corola. Polinizações controladas conduzidas em condições naturais mostraram que a produção de frutos foi maior após polinização legítima. Porém, observações do crescimento de tubos polínicos juntamente com a produção de frutos após autopolinização espontânea e polinização ilegítima sugerem que a espécie apresenta compatibilidade intraforma.

Palavras-chave - *Psychotria ipecacuanha*, distília, poaia, morfologia floral, planta medicinal

ABSTRACT

(Floral dimorphism and populational composition in *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae)). *Psychotria ipecacuanha* is a perennial, medicinal herb that grows in clusters in the understory of humid, shady areas of the Atlantic Rain Forest of southeastern Brazil. The present study characterized the variation in floral traits among 35 clusters from three wild populations. Field observations showed that the clusters are isomorphic, that is, a given cluster present either long-styled or short-styled flowers. The populations are isoplethic, that is, a given population exhibit an equilibrium 1:1 ratio of floral morphs. Stigmas and anthers are reciprocally placed in each morph, a dimorphism characteristic of distyly. Anther length, sigma length, corolla diameter, number of pollen grains per anther, and pollen grain diameter were greater in short-styled flowers. Significant differences for floral traits were found at the among-population level for the short-styled morph. Regarding long-styled morph, only stigma height and corolla length did not exhibited significant differences at the among-population level. Controlled pollination carried out in the natural populations showed that fruit production was higher after inter-morph pollination. Nevertheless, observation of pollen tube growth in style together with fruit production after spontaneous self-pollination and intra-morph pollination suggested the presence of intramorph compatibility in this plant species.

Key words: *Psychotria ipecacuanha*, distyly, ipecac, floral morphology, medicinal plant

INTRODUÇÃO

A heterostilia é um tipo de polimorfismo floral na qual as populações são compostas de duas (distilia) ou três (tristilia) formas florais. Essas formas apresentam posicionamento recíproco de anteras e estigmas (hercogamia recíproca *sensu* Lloyd & Webb 1992) e estão normalmente associadas a um sistema de incompatibilidade intramorfos (Barret 1998). O arranjo espacial dos órgãos sexuais, como apresentado na distilia, tende a aumentar as chances de transferência cruzada de pólen entre as formas florais, uma vez que ambos os órgãos entram em contato com partes similares do corpo do polinizador (Barret *et al.* 2000). E, desta forma, dá origem a polinizações legítimas, isto é, realizadas entre formas florais diferentes (Richards 1986; Barret 1992; Endress 1994).

Além do posicionamento recíproco de anteras e estigmas, as formas florais de espécies distílicas também podem ser diferenciadas por várias características secundárias, como tamanho dos lobos do estigma, diâmetro e número de grãos de pólen (Dulberger 1992), coloração dos órgãos florais (Wolfe 2001), comprimento do tubo da corola (Pailler & Thompson 1997) entre outras. Por outro lado, vários estudos têm mostrado a existência de uma certa flexibilidade nos componentes morfológicos da distilia (Richards & Koptur 1993; Eckert & Barrett 1994; Faivre & McDade 2001). Estes estudos normalmente envolveram um grande número de indivíduos provenientes de várias populações da espécie em questão, e foram capazes de revelar que as características florais associadas a distilia podem apresentar um certo grau de superposição de valores. Pailler & Thompson (1997) e Faivre & McDade (2001) observaram a existência de variações entre flores de um mesmo indivíduo, entre indivíduos de uma dada população e entre populações de uma mesma espécie; variações essas atribuídas à plasticidade fenotípica ou a um controle genético. Como mencionado

por Barret (1985) e Barret & Shore (1987), estudos das variações de características florais entre populações podem fornecer importantes informações sobre a evolução, a manutenção e/ou a perda da heterostilia.

Psychotria ipecacuanha (Brot.) Stokes (= *Cephaelis ipecacuanha* (Brot.) A. Rich.), vulgarmente, denominada de poaia ou ipeca, é reconhecida mundialmente por suas propriedades expectorante, amebicida e vomitiva, propriedades estas devido ao acúmulo, em suas raízes, dos alcalóides isoquinolínicos emetina e cefelina (Trease & Evans 1989). Atualmente, a espécie está ameaçada de extinção (Mendonça & Lins, 2000). Indivíduos de *P. ipecacuanha* se desenvolvem em agregados perenes, denominados de reboleiras, em áreas de sub-bosque das matas tropicais do continente americano que recebem baixos níveis de radiação luminosa (Oliveira & Martins 1998). A espécie encontra-se distribuída de maneira descontínua por três grandes áreas: a) florestas da América Central (Panamá e Costa Rica) e norte da América do Sul (Colômbia), b) sul da Floresta Amazônica (nos estados de Rondônia e Mato Grosso) e, c) na Floresta Atlântica (principalmente nos estados da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro) (Skorupa & Assis 1998; Assis & Giulietti 1999). *P. ipecacuanha*, assim como várias outras espécies pertencentes a este gênero, são distílicas (Assis & Giulietti 1999). Embora a literatura não mencione a presença de auto-incompatibilidade e incompatibilidade intraforma em *P. ipecacuanha*, é grande a probabilidade de tais características estarem presentes uma vez que elas freqüentemente ocorrem em associação com a distília (Barret 1998).

O presente trabalho caracterizou a variação de atributos florais e a incompatibilidade heteromórfica presentes em três populações naturais de *Psychotria ipecacuanha* do sudeste brasileiro. O objetivo específico foi responder às seguintes perguntas: 1) Qual seria a freqüência das formas florais, brevistila e longistila, em populações naturais de *Psychotria ipecacuanha*? 2) Há hercogamia recíproca? 3) Quais

características florais poderiam diferenciar as duas formas? 4) Existiriam variações interpopulacionais em características de uma mesma forma floral? 5) A espécie apresenta sistema de incompatibilidade?

MATERIAL E MÉTODOS

Áreas e populações de estudo. As observações de campo e a amostragem de material vegetal para análise em laboratório foram realizadas em reboleiras pertencentes a três populações naturais. Duas destas populações se encontram no Parque Estadual do Rio Doce (MG) e distam entre si 40 Km. A terceira população está localizada no distrito de Raposo, município de Itaperuna (RJ). A escolha destas localidades se deu em razão de possuírem as maiores populações naturais dentre as localidades investigadas no sudeste brasileiro (Oliveira & Martins 2002) e por serem representativas da área de ocorrência da espécie nesta região. O material botânico de *Psychotria ipecacuanha* foi depositado no Herbário VIC do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa.

O Parque Estadual do Rio Doce (PERD) situa-se na região do “Vale do Aço”, entre os meridianos 42° 38’ 30” e 48° 28’ 18” W e os paralelos 19° 48’ 18” e 19° 29’ 24” S, abrangendo os municípios de Timóteo, Marliéria e Dionísio, na confluência dos rios Piracicaba e Doce. O clima desta região, segundo classificação de Köppen (SIF 1990 e IEF 1994), é do tipo AW, ou seja, tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno (SOCT - CETEC 1981). A temperatura média anual registrada na região do PERD varia entre 21 e 24°C, sendo a média do mês mais quente, fevereiro, 25,5°C e a média do mês mais frio, julho, 19,5°C; a precipitação anual oscila entre 700 e 1.200mm

(EPAMIG 1978). A vegetação classifica-se como Floresta Estacional Semidecidual Submontana, com base no sistema fitogeográfico proposto por Veloso *et al.* (1991).

As duas populações localizadas no PERD foram denominadas, de acordo com a localidade em que se encontram, de Trilha do Vinhático (TVI) e Trilha da Lagoa do Meio (TLM), com 10 e 12 reboleiras, respectivamente. As reboleiras da TVI localizam-se sob mata secundária alta, que se desenvolveu após um incêndio ocorrido no final da década de 60, mas possuindo atualmente bom estado de conservação. As reboleiras da TLM encontram-se sob mata primária alta, fisionomicamente sem indícios de perturbação antrópica recente e livre de incêndios.

Raposo (RAP) localiza-se a 21° 07'S e 42° 06'W e 190 m de altitude. A vegetação predominante nesta região é a floresta Estacional Semidecidual (IBGE 1993). O clima caracteriza-se pela presença de duas estações, uma seca e outra chuvosa, e temperaturas médias anuais em torno de 22⁰C. A população RAP, com 13 reboleiras, encontra-se em área de vegetação tipicamente secundária, em propriedade particular (Fazenda Caite).

Morfologia e biologia floral. A espécie possui hábito perene e por isto as reboleiras, uma vez localizadas, podem ser visitadas repetidamente. As 35 reboleiras pertencentes às três populações anteriormente descritas foram acompanhadas ao longo dos ciclos reprodutivos de 2001/2002 e 2002/2003. Durante estes dois períodos de floração, as inflorescências produzidas em cada haste (caules aéreos eretos) da reboleira foram observadas quanto a sua forma floral. O objetivo destas observações era investigar se formas florais distintas poderiam coexistir numa mesma reboleira. A coleta do material para estudos de morfologia floral foi realizada em novembro e dezembro de 2002. Nesta ocasião, inflorescências com flores abertas e botões florais em pré-antese foram coletadas de cada reboleira. O material coletado foi conservado em álcool etílico 70%

até uso posterior. As flores foram observadas individualmente em microscópio estereoscópio munido de objetiva milimetrada e avaliada com relação ao maior diâmetro externo do tubo da corola (DC). Em seguida, a flor foi aberta, longitudinalmente, para a realização das demais avaliações morfológicas. O topo do disco nectarífero foi tomado como referência na mensuração das seguintes características, conforme esquema do diagrama floral (Figura 1): comprimento da corola com os lobos da corola expandidos na posição vertical (CC), comprimento do tubo da corola (CT), altura da antera (AA), altura do estigma, com os lobos do estigma em posição original (AE), comprimento do estigma, com os lobos do estigma em posição original (CE) e comprimento da antera (CA). Os dados morfológicos foram obtidos de 90 flores brevistilas (RAP = 32; TVI = 25; TLM = 33) e de 78 longistilas (RAP = 20; TVI = 27; TLM = 31). Os desenhos das formas florais foram realizados utilizando-se microscópio estereoscópio munido de câmara clara.

Grãos de pólen provenientes de botões em pré-antese de ambas as formas florais, que haviam sido previamente fixados em ácido acético glacial, foram acetolizados pelo método de Erdtman (Louveau *et al.* 1978). Esta análise utilizou material procedente de 30 reboleiras: 17 botões florais da forma brevistila (RAP = 6; TVI = 5; TLM = 6) e 13 da forma longistila (RAP = 3; TVI = 4; TLM = 5). Os grãos de pólen foram observados em microscópio Olympus AX70 e a imagem capturada em computador (programa Imagem-pro plus). Foi mensurado o diâmetro de 102 grãos da forma brevistila (RAP = 34; TVI = 30; TLM = 38) e 77 da forma longistila (RAP = 22, TVI = 25; TLM = 30). O número de grãos de pólen produzido em cada tipo floral foi estimado por meio de contagem de todos os grãos de pólen de uma antera (Cruden 1977). A amostragem foi realizada em 10 botões de cada forma floral.

Para fins de análises estatísticas, as médias foram comparadas entre formas florais por local de estudo utilizando-se o teste t de Student. Diferenças entre médias das

três populações foram analisadas usando-se ANOVA. Coeficientes de correlação foram calculados entre altura do estigma e altura da antera com todas as características florais analisadas, dentro de cada forma floral. As análises foram realizadas utilizando os programas Statistica 5.5 (StatSoft, 2000).

Foram observados o período de antese, o período de liberação de grãos de pólen e a duração das flores. A localização de osmóforos foi determinada utilizando-se vermelho neutro em solução aquosa (Dafni 1992) e a presença de odor foi testada isolando-se flores em frascos de vidros. A viabilidade dos grãos de pólen foi testada utilizando-se carmim acético (Radford *et al.* 1974). O período de receptividade dos estigmas foi determinado utilizando-se peróxido de hidrogênio (Zeisler 1938, citado por Grandisoli 1997).

Sistema de incompatibilidade. O sistema de incompatibilidade foi caracterizado por meio de experimentos de polinizações manuais e análise do crescimento de tubos polínicos. As polinizações manuais foram realizadas em flores brevistilas e longistilas de populações naturais, no período entre novembro e dezembro de 2002. De acordo com a metodologia proposta por Grandisoli (1997), flores em pré-antese foram isoladas utilizando-se sacos confeccionados com tecido tipo organza, e submetidas aos seguintes tratamentos: 1) Agamospermia - Botões em pré-antese foram emasculados e ensacados; 2) Autopolinização espontânea - Botões em pré-antese foram ensacados; 3) Autopolinização manual - Botões em pré-antese foram ensacados e, posteriormente, grãos de pólen foram depositados no estigma da própria flor; 4) Polinização cruzada intramorfos (ilegítimas) - Botões em pré-antese foram emasculados e ensacados e, posteriormente, receberam pólen de reboleiras diferentes, porém de flores da mesma forma floral; 5) Polinização cruzada intermorfos (legítimas) - Botões em pré-antese foram emasculados e ensacados e, posteriormente, receberam pólen de reboleiras que

possuíam flores da outra forma floral; 6) Controle – Botões, de ambas as formas florais, foram marcados e deixados expostos à ação dos visitantes. Com exceção do controle, as flores foram novamente ensacadas após cada tratamento e assim permaneceram até a queda da corola. Para cada tratamento, considerou-se o aumento, em volume, do ovário como indicativo do sucesso da polinização (Grandisoli 1997).

O crescimento de tubos polínicos foi observado em flores polinizadas manualmente (autopolinização e polinizações cruzadas legítima e ilegítima). Após 12 e 24 horas dos tratamentos, as flores foram conservadas em álcool 70%. Posteriormente, o pistilo de cada flor foi analisado em microscopia de fluorescência (Olympus AX 70), utilizando-se a técnica de Martin (1959).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Reboleiras isomórficas e populações isopléticas. As observações de campo confirmaram a presença de duas formas florais, brevistila e longistila, em *P. ipecacuanha* (Figura 2). A coexistência das duas formas florais numa mesma reboleira não foi observada em nenhuma das 35 reboleiras investigadas. A isomorfia (presença de apenas uma das formas florais) apresentada pelas reboleiras é uma característica que pode ser o resultado da associação do perenialismo e com a propagação clonal apresentada pela espécie. Estes dados, conjuntamente, corroboram a hipótese de que a reboleira se constitui em um agrupamento que pertenceria a um único genótipo ou a genótipos muito próximos entre si. A relação entre o número de reboleiras com flores brevistilas ou com flores longistilas encontradas em cada uma das três populações foi: 7:6 (RAP), 5:5 (TVI) e 6:6 (TLM). Este resultado demonstra que as populações apresentaram freqüências aproximadamente iguais de reboleiras com uma dada forma

floral, sendo portanto isopléticas. A isopletia também foi registrada em populações naturais de *Palicourea fendleri* (Sobrevilla *et al.* 1983) e *Linum pubescens* (Wolfe 2001).

Hercogamia recíproca. O estigma e as anteras de cada uma das duas formas florais encontram-se posicionados reciprocamente, conforme demonstrado pelos valores médios destas duas características nas três populações investigadas (Tabela 1). Na forma floral brevistila a altura do estigma variou entre 2,86 e 4,71 cm e a altura da antera variou entre 4,85 e 8,71 cm, ao passo que na forma longistila a altura do estigma variou entre 5,43 e 8,86 cm e a altura da antera variou entre 3,0 e 5,0 cm. Em nenhuma das populações avaliadas foram encontrados valores intermediários para altura do estigma e da antera (Figura 3), como aqueles que poderiam ser esperados em populações homostílicas (Wolfe 2001). Esses resultados demonstram que o estigma e as anteras das formas florais de *P. ipecacuanha* nunca ocupam espacialmente a mesma posição dentro da mesma forma floral, caracterizando a hercogamia recíproca, necessária para que a espécie seja considerada distílica, tal como proposto por Ganders (1979), Lloyd & Webb (1992) e Wolfe (2001).

Diferenciação entre formas florais. Os resultados da análise das demais características de morfometria floral dentro de cada população, mostraram que a forma floral brevistila se diferiu significativamente da longistila não somente com relação à altura do estigma e à altura da antera, mas também quanto ao comprimento da antera, ao comprimento do estigma e ao diâmetro da corola (Tabela 1). Os coeficientes de correlação mostraram que as alturas do estigma e da antera, de cada tipo floral, estão correlacionadas positivamente com a maioria das outras características avaliadas (Tabela 2).

Os estigmas das formas florais podem diferir quanto ao formato, comprimento e, mais comumente, tamanhos das papilas estigmáticas (Ganders 1979). De acordo com Dulberger (1992), na forma floral longistila o estigma é maior. Entretanto a forma floral brevistila de *P. ipecacuanha* apresentou maior comprimento do estigma, contrariando as observações de Dulberger (1992). De maneira similar ao observado em *Palicourea fendleri* e *P. petiolaris*, (Sobrevilla *et al.* 1983) e em *Psychotria jasminoides*, *P. pubigera* e *P. nuda*, (Castro 2001).

Várias espécies distílicas tais como: *Hedyotis caerulea* (Ornduff 1980), *Palicourea fendleri*, *Palicourea petiolaris* (Sobrevilla *et al.* 1983), *Guettarda scabra* (Richards & Koptur 1993), *Gaertnera vaginata* (Pailler & Thompson 1997) e *Palicourea padifolia* (Ree 1997) apresentam a forma floral brevistila maior (comprimento da corola) que a forma longistila, tal como registrado em *P. ipecacuanha*, na população de TVI (Tabela 1). Entretanto, esta relação não é padrão em espécies distílicas, pois tem sido relatado que o comprimento da corola da forma longistila em algumas espécies é maior que o da brevistila (Stone 1995). Em outras investigações (Ganders 1979; Monteiro *et al.* 1991), as formas florais não se diferem com relação ao comprimento da corola da mesma forma como também registrado no presente estudo para populações de RAP e TLM (Tabela 1). Diferenças não significativas do tamanho da corola, entre as formas florais, têm sido registradas em outras espécies de *Psychotria*, tais como *P. barbiflora* (Monteiro *et al.* 1991) e *P. jasminoides*, *P. birotula* e *P. pubigera* (Castro 2001). Estes estudos, no entanto, não consideraram as variações das características florais em flores provenientes de diferentes populações, tal como aqui apresentado.

O diâmetro médio do grão de pólen encontrado em flores brevistilas foi significativamente maior do que o apresentado em flores longistilas, independentemente

do local avaliado (Figura 4). Resultados de contagem mostraram que anteras da forma floral longistila produziram maior número de grãos de pólen (748 grãos de pólen/antera) do que anteras da forma brevistila (647 grãos de pólen/antera). A maior produção de grãos de pólen em anteras de flores longistilas, como demonstrado por *P. ipecacuanha*, parece ter um importante papel compensatório durante a polinização, já que os estigmas das flores longistilas recebem um maior número de grãos de pólen em relação aos estigmas das flores brevistilas, de acordo com Ornduff (1980), Barret & Glover (1985) e Lloyd & Webb (1992). Diferenças de diâmetros médios do grão de pólen e número de grão de pólen por forma floral em *P. ipecacuanha* variaram similarmente a muitas outras espécies distílicas da família Rubiaceae, como por exemplo: *Gaertnera vaginata* (Pailler & Thompson 1997), *Psychotria barbiflora* (Monteiro *et al.* 1991) e *Palicourea padifolia* (Ree 1997). O presente estudo não avaliou as papilas estigmáticas de *P. ipecacuanha*, porém demonstrou que a forma e o tamanho dos grãos de pólen nesta espécie apresentaram variações recíprocas de dimensões. Conforme proposto por Richards (1986), os menores grãos de pólen das flores longistilas estariam fisicamente melhor acomodados no menor espaço entre as papilas estigmáticas das flores brevistilas e, reciprocamente, os maiores grãos de pólen das flores brevistilas ficariam fisicamente melhor acomodados no maior espaço entre as papilas estigmáticas das formas longistilas, o que deve ocorrer também com *P. ipecacuanha*.

O horário da abertura floral não diferiu entre as flores brevistilas e longistilas, ocorrendo entre 7:00 e 8:00 horas. Após 22-24 horas da abertura, as flores apresentaram-se senescentes, ou seja, com pétalas desidratadas e escurecidas. As flores brevistilas não diferiram das longistilas quanto: à receptividade dos estigmas (receptivos desde a antese até a senescência da flor), à viabilidade do pólen (brevistilas 94.2% e longistilas 96.3%), à disponibilidade de pólen (disponível durante toda a vida da flor), à

presença de osmóforos (nos lobos da corola) e, finalmente, à ausência de odor perceptível.

Variação interpopulacional. Os resultados da ANOVA (Tabela 1) demonstraram que a forma floral brevistila diferiu em relação a todas as características florais investigadas, nas três populações estudadas; a longistila não pode ser diferenciada com relação à altura do estigma e o comprimento da corola. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas entre o diâmetro médio dos grãos de pólen de flores brevistilas coletadas nas três populações (Figura 4), as flores longistilas provenientes de RAP e TLM apresentaram valores distintos. Poucos estudos têm relatado variações interpopulacionais entre uma mesma forma floral (Sobrevila *et al.* 1983, Pailler & Thompson 1997, Faivre & McDade 2001), tal como observadas em *P. ipecacuanha*. Essas variações sugerem que as populações podem estar sob diferentes pressões seletivas.

Sistema de incompatibilidade. Com exceção das autopolinizações manuais, em todos os demais tratamentos realizados houve frutificação, independente da forma floral (Tabela 3). Nas polinizações legítimas, entretanto, foram registradas as maiores porcentagens de frutificação (Tabela 3), semelhantemente ao verificado na maioria das espécies distílicas (Pailler & Thompson 1997, Pailler *et al.* 1997, Contreras & Ornelas 1999). Esses resultados demonstraram que *P. ipecacuanha* possui um certo grau de autocompatibilidade e compatibilidade intraforma, tal como observado por Ree (1997) em *Palicourea padifolia* e por Castro (2001) em *Psychotria jasminoides*.

A frutificação obtida nas polinizações legítimas quando comparada com a obtida no tratamento controle (Tabela 3), demonstrou que, potencialmente, a espécie estudada poderia produzir mais frutos, em condições naturais. Estes resultados podem ser um

reflexo da escassez de polinizadores, tal como relatado por Bertin (1982) para *Campsis radicans*.

A frutificação obtida após polinizações ilegítimas (Tabela 3) pode ser resultante de cruzamentos manuais e, tal evento, não ocorreria naturalmente, como verificado por Shamsi & Whitehead (1974), em *Lythrum salicaria*. Baixas frutificações resultantes de autopolinização e polinização ilegítima foram também verificadas por outros autores (Sobrevila *et al.* 1983; Lima 1986; Barret & Shore 1987; Passos & Sazima 1995; Silva 1995; Castro 2001), sugerindo que o sistema de incompatibilidade presente em algumas espécies heterostílicas não é muito rigoroso.

A análise do crescimento de tubos polínicos, após as polinizações legítimas, revelou o maior número de tubos e crescimento regular desses tubos, quando comparada com as polinizações ilegítimas. Estes tubos polínicos alcançaram a base do estilete e, em alguns casos, o ovário em 12 horas. Após polinizações ilegítimas, os tubos polínicos cresceram até o terço superior do estilete e, raramente, até a base do estilete; em ambos os casos, foram observados poucos tubos polínicos, e apresentavam crescimento irregular. A formação de frutos, após polinizações ilegítimas (Tabela 3) pode ser explicada pelo crescimento irregular de tubos até a base do estilete. Entretanto, outros estudos serão necessários para a confirmação da presença da autocompatibilidade intraforma na espécie.

O grau de compatibilidade parece estar ligado a fatores como a morfologia floral e a abundância de polinizadores (Barret 1988), havendo evidências da perda da auto-incompatibilidade em sistemas homo e heteromórficos (heterostílicos) (Lewis 1951). Conforme hipótese proposta por Ornduff (1970), a ação conjunta da incompatibilidade fisiológica e morfológica, associada a heterostilia, seria de grande importância para populações nativas, como as de *P. ipecacuanha*, pois o mecanismo de incompatibilidade fisiológica atua em prevenir a formação de genótipos deletérios, enquanto o

morfológico promoveria um aumento no número de polinizações legítimas entre genótipos compatíveis.

A formação de frutos resultantes da agamospermia (Tabela 3) sugere a possibilidade desta estratégia ser utilizada por *P. ipecacuanha*. Conforme Richards (1986), a agamospermia é uma estratégia utilizada para garantir a reprodução na ausência de polinizadores. Entretanto, o arranjo floral apresentado por *P. ipecacuanha* (flores sésseis e reunidas em inflorescências congestas) dificulta o isolamento do botão floral e pode ter havido, durante a manipulação das flores, a queda de pólen sobre os estigmas. Apesar de incomum na família Rubiaceae, a agamospermia também foi registrada por Castro (2001) em *Psychotria birotula* e *P. nuda*.

Em conclusão, foi demonstrado que as reboleiras de *P. ipecacuanha* são constituídas de apenas uma forma floral (isomorfia) e que as três populações naturais investigadas apresentaram razão equilibrada entre as formas florais (isoplelia). As formas florais, brevistila e longistila, puderam ser facilmente diferenciadas, por meio da altura do estigma, altura da antera, comprimento da antera, comprimento do estigma, número de grãos de pólen por antera e diâmetro médio do grão de pólen. A espécie possui hercogamia recíproca, caracterizando-a como distílica. Foram verificadas diferenças morfológicas interpopulacional, em cada forma floral. A espécie apresenta certo grau de compatibilidade intraforma, embora as maiores porcentagens de frutificação tenham sido registradas em polinizações legítimas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assis, M.C. & Giulietti, A.M. 1999. Morphological and anatomical differentiation in populations of “ipecacuanha” – *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae). **Brazilian Journal of Botany** **22**: 205-216.

Barret, S.C.H. 1985. Floral trimorphism and monomorphism in continental and island populations of *Eichornia paniculata* (Spreng) Solms. (Pontederiaceae). **Botanical Journal of the Linnean Society** **25**: 41-60.

Barret, S.C.H. 1988. The evolution, maintenance and loss of self-incompatibility system. In: Lovett Doust, J. & Lovett Doust, L. (ed.). **Plant reproductive ecology: patterns and strategies**. Oxford: Oxford University Press, 98-123.

Barret, S.C.H. 1992. Heterostylous genetic polymorphisms: model systems for evolutionary analysis. In: Barret, S.C.H. (ed.) **Evolution and function of heterostyly**. Monographs on theoretical and applied genetics. Springer-Verlag, 1-29.

Barret, S.C.H. 1998. The evolution of mating strategies in flowering plants. **Plant Science** **9**: 335-341.

Barret, S.C.H. & Glover, D.E. 1985. On the Darwinian hypothesis of the adaptative significance of tristily. **Evolution** **39**: 744-766.

Barret, S.C.H. & Shore, J.S. 1987. Variation and evolution of breeding systems in the *Turnera ulmifolia* L. complex (Turneraceae). **Evolution** **41**: 340-354.

Barret, S.C.H.; Jesson, L.K. & Baker, A.M. 2000. The evolution and function of stylar polymorphisms in flowering plants. **Annals of Botany** **85**: 253-265.

Bertin, R.I. 1982. Floral biology, hummingbird pollination and fruit production of trumpet creeper *Campsis radicans* (Bignoniaceae). **American Journal of Botany** **69**: 123-134.

Caminha, F.A.A. 1943. Ipecacuanha: *Evea ipecacuanha* (Brotero) Standley. **Boletim do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro** **32**: 33-52

Castro, C.C. 2001. **Biologia reprodutiva de rubiáceas arbustivas de Mata Atlântica**. Universidade Estadual de Campinas. Universidade de Campinas, S.P. Tese de Doutorado, 60 p.

Contreras, P.S. & Ornelas, J.F. 1999. Reproductive conflicts of *Palicourea padifolia* (Rubiaceae) a distylous shrub of a tropical cloud forest in Mexico. **Plant Systematics and Evolution** **219**: 225-241.

Cruden, R.W. 1977. Pollen-ovule rations: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. **Evolution** **31**: 32-46.

Dafni, A. 1992. **Pollination Ecology. A practical approach**. New York: Oxford University Press, 250p.

Dulberger, R. 1992. Floral polymorphisms and their functional significance in the heterostylous syndrome. In: Barret, S.C.H. (ed.). **Evolution and function of heterostyly**. Monographs on theoretical and applied genetics. Springer-Verlag, 41-84.

Endress, P.K. 1994. **Diversity and evolutionary biology of tropical flowers**. Cambridge: Cambridge University Press, 511 p.

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG. 1978. **Leguminosas nativas do Estado de Minas Gerais: coletas e avaliações preliminares de alguns gêneros**. Belo Horizonte, MG. 195p.

Eckert, C.G. & Barret, S.C.H. 1994. Tristyly, self-compatibility and floral variation in *Decodon verticillatus* (Lythraceae). **Biological Journal of the Linnean Society** **53**: 1-30.

Faivre, A.E. & McDade L.A. 2001. Population-level variation in the expression of heterostyly in three species of Rubiaceae: does reciprocal placement of anthers and stigmas characterize heterostyly? **American Journal of Botany** **88**: 841-853.

Ganders, F.R. 1979. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany** **17**: 607-635.

Grandisoli, E.A.C. 1997. **Biologia reprodutiva e estrutura da população de *Psychotria suterella* Muell. Arg. (Rubiaceae) em um fragmento de mata secundária em São Paulo (SP)**. Universidade de São Paulo, São Paulo. Dissertação de Mestrado. 96 p.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1993. **Mapa da vegetação do Brasil**. Brasília, DF.

Instituto Estadual de Florestas – IEF. 1994. **Pesquisas prioritárias para o Parque Estadual do Rio Doce, Brasil**. Belo Horizonte. 35p.

Lewis, D. 1951. Structure of the incompatibility gene. III. Types of spontaneous and induced mutation. **Heredity** 5: 399-414.

Lima, A.L. 1986. **Contribuição ao estudo da biologia floral, da fenologia e do sistema de reprodução de *Psychotria leiocarpa* Cham. Et Schl. (Rubiaceae)**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Tese de Mestrado, 83 p.

Lloyd, D.G. & Webb, C.J. 1992. The selection of heterostyly. In: Barret, S.C.H. (ed.). **Evolution and function of heterostyly**. Monographs on theoretical and applied genetics 15. Springer-Verlag. 275 p.

Louveaux, J.; Maurizio, A. & Vorwohe, G. 1978. Methods of melissopalinalogy. **Bee World** 59: 139-157

Martin, F.W. 1959. Staining and observing pollen tubes in style by means of fluorescence. **Stain Technology** 34: 125-128.

Mendonça, M.P. & Lins, L.V. 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, Fundação Zôo-Botânica de Belo Horizonte, 157p.

Monteiro, R.; Nakajima, J.N.; Ribeiro, J.E.L.S. & Toledo, J.C. 1991. Morfologia e distribuição espacial das formas heterostílicas de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). **Naturalia** **16**: 137-146.

Oliveira, L.O. & Martins E.R. 1998. **O desafio das plantas medicinais brasileiras: I – O caso da poaia (*Cephaelis ipecacuanha*)**. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF, 73 p.

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.

Ornduff, R. 1970. Incompatibility and the pollen economy of *Jepsonia parryi*. **American Journal of Botany** **57**: 1036-1041.

Ornduff, R. 1980. Heterostyly, population composition, and pollen flow in *Hedyotis caerulea*. **American Journal of Botany** **67**: 95-103.

Pailler, T. & Thompson, J.D. 1997. Distyly and variation in heteromorphic incompatibility in *Gaertnera vaginata* (Rubiaceae) endemic to La Reunion Island. **American Journal of Botany** **84**: 315-327.

Pailler, T.; Humeau, L. & Thompson, J.D. 1997. Distyly and heteromorphic incompatibility in oceanic island species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae). **Plant Systematics and Evolution** **213**: 187-198.

Passos, L. & Sazima, M. 1995. Reproductive biology of the distylous *Mannetia luteo-rubra* (Rubiaceae). **Botanica Acta** **108**: 309-313.

Radford, A.E.; Dickson, W.C.; Massey, J.R.; Bell, C.R. 1974. **Vascular Plant Systematics**. New York: Harper and Row Publ, 891p.

Ree, R.H. 1997. Pollen flow, fecundity, and the adaptive significance of heterostyly in *Palicourea padifolia* (Rubiaceae). **Biotropica** **29**: 298-308.

Richards, A.J. 1986. **Plant breeding systems**. London: George Allen & Unwin (Publishers) Ltd. , 529 p.

Richards, J.H. & Koptur, S. 1993. Floral variation and distyly in *Guetarda scabra* (Rubiaceae). **American Journal of Botany** **80**: 31-40.

SAEG. 2000. **System for Statistical Analyses**. FUNARBE/UFV, Viçosa, MG.

Silva, A.P. 1995. **Biologia reprodutiva e polinização de *Palicourea rigida* H.B.K. (Rubiaceae)**. Tese de Mestrado. Universidade Federal de Brasília, Departamento de Botânica. 106 p.

Sistema Operacional de Ciência e Tecnologia – SOCT, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC. 1981. **Programa de pesquisa ecológicas no Parque Estadual do Rio Doce**. Belo Horizonte: v. 2 (Relatório final).

Shamsi, S.R.A. & Whitehead, F.H. 1974. Comparative ecophysiology of *Epilobium hirsutum* L. and *Lythrum salicaria* L. I. general biology, distribution and germination. **Journal Ecology** **62**: 279-290

Skorupa, L.A. & Assis, M. C. 1998. Collecting and conserving ipecac (*Psychotria ipecacuanha*, Rubiaceae) germplasm in Brazil. **Economic Botany** **52**: 209-210.

Sobrevila, C.; Ramirez, N. & Enrech, N.X. 1983. Reproductive biology of *Palicourea fendleri* and *P. petiolaris* (Rubiaceae), heterostylous shrubs of a Tropical Cloud Forest in Venezuela. **Biotropica** **15**: 161-169.

StatSoft, Inc. (2000). STATISTICA for Windows [Computer program manual] Tulsa, OK.

Stone, J.L. 1995. Pollen donation patterns in a tropical distylous shrub (*Psychotria suerrensis*; Rubiaceae). **American Journal of Botany** **82**: 1390-1398.

Sociedade de Investigações Florestais – SIF; Instituto Estadual de Florestas – IEF. 1990. **O futuro do Parque Florestal Estadual do Rio Doce: material preparatório do seminário**. Viçosa, MG. 64p.

Trease, G. E. & Evans, W.C. 1989. **Pharmacognosy**. London: Baillière Tindal, 450p.

Veloso, H.P.; Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE. 124 p.

Wolfe, L.M. 2001. Associations among multiple floral polymorphisms in *Linum pubescens* (Linaceae), a heterostylous plant. **Journal Plant Science** **162**: 335-342

Tabela 1. Morfometria floral (média em mm $\pm$ desvio padrão) em populações de *Psychotria ipecacuanha* encontradas no Parque Estadual do Rio Doce (TVI, TLM) e em Raposo (RAP). N = Número de flores analisadas; FF = Forma floral, AE = altura do estigma, AA = altura da antera, CA = comprimento da antera, CE = comprimento do estigma, CC = comprimento da corola, CT = comprimento do tubo da corola, DC = diâmetro da corola. B = Flor brevistila; L = Flor longistila. *t* = teste de student e valor de F da ANOVA (* P < 0.01, ** P < 0.05, e NS = diferença não significativa a 5%).

População	N	FF	AE	AA	CA	CE	CC	CT	DC
RAP	32	B	3,2 $\pm$ 0,6	6,2 $\pm$ 0,6	2,2 $\pm$ 0,2	1,5 $\pm$ 0,2	7,2 $\pm$ 0,8	5,2 $\pm$ 0,6	3,2 $\pm$ 0,4
	20	L	7,1 $\pm$ 0,3	3,4 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1	0,9 $\pm$ 0,1	6,9 $\pm$ 0,3	4,9 $\pm$ 0,2	3,0 $\pm$ 0,2
		<i>t</i>	30,0*	24,1*	13,3*	15,4*	1,5 ^{NS}	3,8*	2,7*
TVI	25	B	3,8 $\pm$ 0,6	7,1 $\pm$ 0,7	2,1 $\pm$ 0,2	1,8 $\pm$ 0,2	7,8 $\pm$ 0,7	5,6 $\pm$ 0,4	3,9 $\pm$ 0,2
	27	L	7,3 $\pm$ 0,8	3,9 $\pm$ 0,4	1,7 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,3	7,3 $\pm$ 0,6	5,2 $\pm$ 0,4	3,3 $\pm$ 0,2
		<i>t</i>	14,7*	23,9*	9,3*	10,7*	3,7*	3,4*	16,5*
TLM	33	B	3,2 $\pm$ 0,5	6,4 $\pm$ 0,7	2,1 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,2	7,0 $\pm$ 0,5	5,1 $\pm$ 0,4	3,5 $\pm$ 0,4
	31	L	7,2 $\pm$ 0,8	3,9 $\pm$ 0,4	1,8 $\pm$ 0,1	1,2 $\pm$ 0,3	7,3 $\pm$ 0,8	5,3 $\pm$ 0,5	3,1 $\pm$ 0,4
		<i>t</i>	23,6*	15,3*	8,1*	9,3*	1,8 ^{NS}	1,9 ^{NS}	3,9*
Valor de F		B	12,1*	16,4*	4,6**	25,3*	14,9*	11,0*	30,1*
		L	0,7 ^{NS}	19,6*	47,5*	13,6*	2,9 ^{NS}	12,1*	10,3*

Tabela 2. Coeficientes de correlação para as características florais mensuradas em flores brevistilas (N = 90) e longistilas (N = 78) de *P. ipecacuanha*. AE = altura do estigma, AA = altura da antera, CA = comprimento da antera, CE = comprimento do estigma, CC = comprimento da corola, CT = comprimento do tubo da corola, DC = diâmetro da corola. (* nível de significância $P < 0.01$).

	Flores brevistilas		Flores longistilas	
	AE	AA	AE	AA
AE				
AA	0,6*		0,6*	
CA	-0,0	0,3*	0,2	0,3
CE	0,6*	0,5*	-0,1	-0,0
CC	0,7*	0,8*	0,7*	0,8*
CT	0,7*	0,7*	0,7*	0,8*
DC	0,4*	0,5*	0,4*	0,3*

Tabela 3. Resultado das polinizações realizadas em flores de *Psychotria ipecacuanha*.

Forma floral	Tratamento	Número de Flores	Sucesso de frutificação (%)
Brevistila	Autopolinização espontânea	30	3,3
	Autopolinização manual	20	0,0
	Cruzamento legítimo	25	40,0
	Cruzamento ilegítimo	31	6,7
	Agamospermia	30	3,3
	Controle	30	16,7
Longistila	Autopolinização espontânea	28	7,1
	Autopolinização manual	24	0,0
	Cruzamento legítimo	27	51,8
	Cruzamento ilegítimo	24	20,8
	Agamospermia	28	10,7
	Controle	32	25,0

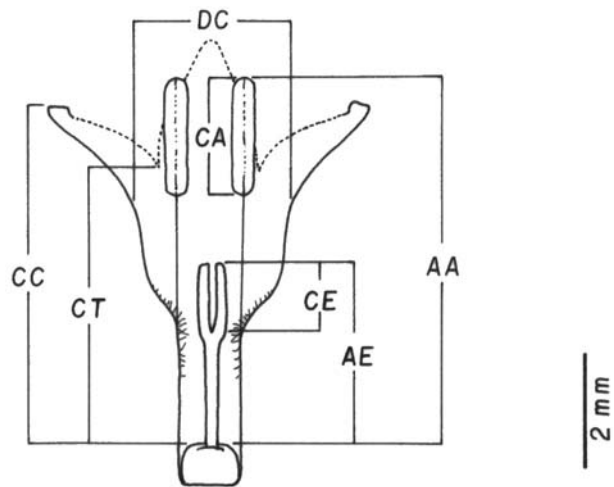


Figura 1. Diagrama floral. CC- Comprimento da corola; CT- Comprimento do tubo da corola; AA- Altura da antera; AE- .Altura do estigma; CE- Comprimento do estigma; CA- Comprimento da antera; DC- Diâmetro da corola.

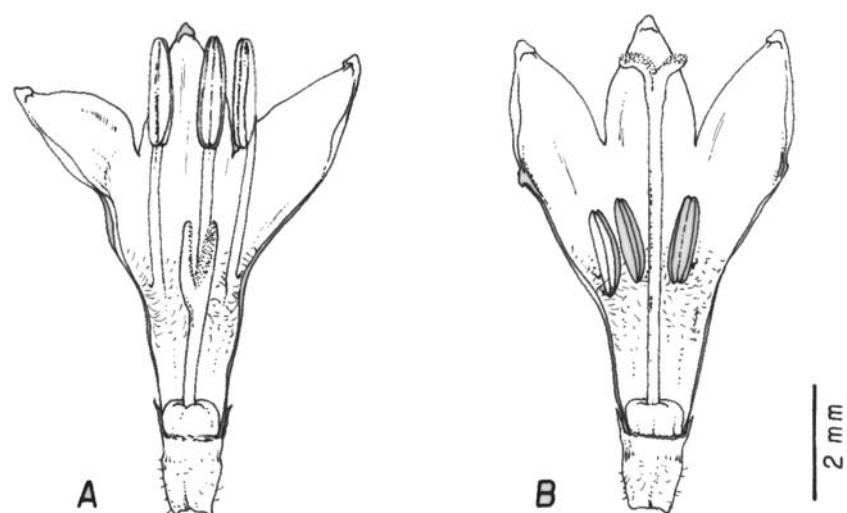


Figura 2. Formas florais de *Psychotria ipecacuanha*. A- Brevistila; B- Longistila.

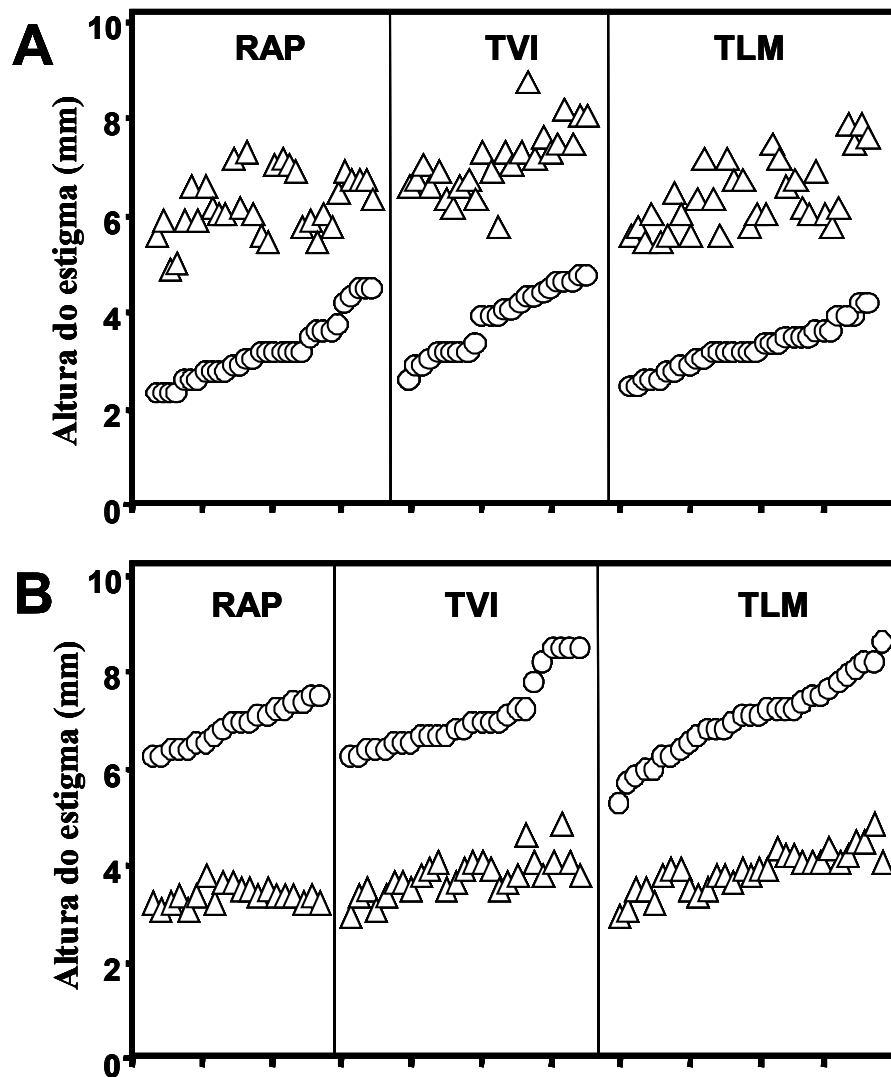


Figura 3. Distribuição da altura do estigma (○) e da altura da antera (Δ) em flores de *Psychotria ipecacuanha* provenientes de três populações (RAP, TVI e TLM). A - Flores brevistilas, B - Flores longistilas. No eixo X estão representadas flores individuais, que foram ordenadas em cada população, de acordo com a altura do estigma.

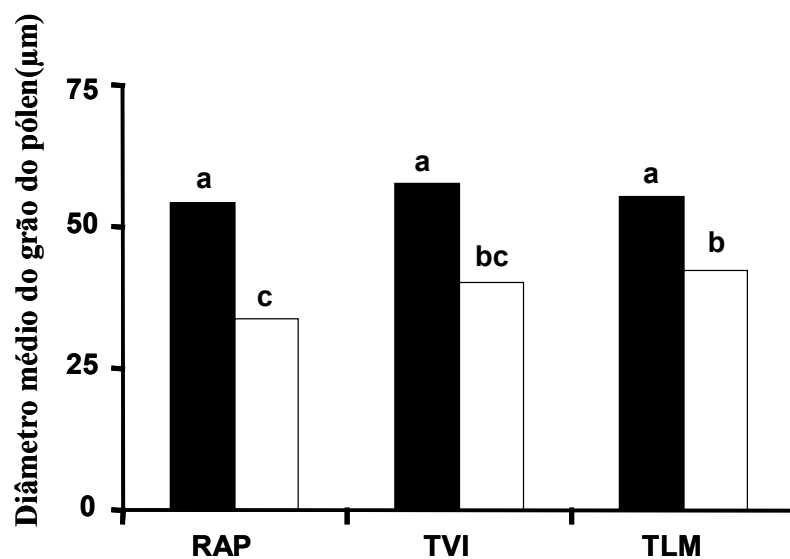


Figura 4. Diâmetro médio do grão de pólen em flores brevistilas (■) e em flores longistilas (□) de *Psychotria ipecacuanha*, provenientes de três populações (RAP, TVI, TLM). Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente entre si (5% de probabilidade, teste de Tukey).

CAPÍTULO II

Propagação clonal e reprodução sexual em *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae), uma espécie medicinal nativa dos sub-bosques da Floresta Atlântica

RESUMO

(Propagação clonal e reprodução sexual em *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae), uma espécie medicinal nativa dos sub-bosques da Floresta Atlântica). *Psychotria ipecacuanha* é uma espécie medicinal se desenvolve em agregados perenes, denominados reboleiras, em áreas úmidas e sombrias no sub-bosque da Floresta Atlântica. O presente trabalho caracterizou simultaneamente a propagação clonal e a fecundidade em três populações naturais desta espécie. Para tanto, 35 reboleiras foram avaliadas entre novembro de 2001 a dezembro de 2002, em intervalos que variaram de 15 a 30 dias. As reboleiras apresentaram-se com bordas bem delimitadas, tomando formas que, visualmente, lembram circunferências ou elipses. Foi mais freqüente encontrar reboleiras que apresentaram até seis m² de área ocupada e possuíam menos de 110 hastes. A maioria das hastes apresentou até 20 cm de altura, com até 11 nós e até sete folhas totalmente expandidas. O período de florescimento foi relativamente curto e bem definido, tendo se iniciado na segunda quinzena de novembro e se prolongado até o início de janeiro. A formação de frutos ocorreu de dezembro até abril. Floração e frutificação ocorreram de modo sincronizado em todas as reboleiras, independente da forma floral apresentada. Em geral, as reboleiras de forma floral brevistila não se diferenciaram daquelas de forma longistila quanto ao número de inflorescências por reboleira, número de flores por inflorescência, número de inflorescências com frutos e número de frutos por inflorescência. Houve, porém, uma tendência de se encontrar mais frutos por reboleira quando a reboleira possuía flores longistilas e conseqüentemente, nos dois ciclos avaliados, o sucesso reprodutivo foi maior nas reboleiras que apresentaram esta forma floral.

Palavras-chave – *Psychotria ipecacuanha*, poaia, propagação clonal, fecundidade, planta medicinal

ABSTRACT

(Clonal propagation and sexual reproduction of *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae), a medicinal species native of the understory of the Atlantic Forest). *Psychotria ipecacuanha* is a perennial, medicinal herb that grows in clusters in the understory of humid, shady areas of the Atlantic Rain Forest of southeastern Brazil. The present study carried out a simultaneous characterization of the clonal and sexual propagation of three natural populations of *Psychotria ipecacuanha*. To accomplish our goals, we visited 35 clusters from November 2001 to December 2002. Visiting intervals ranged from 15 to 30 days. The clusters displayed circular or elliptical shape with very well delimited borders. The majority of the clusters occupied up to six m² and presented less than 110 stems. An average stem within a cluster exhibited about 20 cm of height, with about 11 nodes, and up to seven totally expanded leaves. The species showed a relatively short, well defined period of flowering that initiated by mid-November and extended through mid-January. Fruits were observed from late December up to April. Flower and fruit production were synchronized among all clusters, regardless the floral morph. Taken as a whole, the attributes of fertility (number of inflorescence per cluster, number of flowers per inflorescence, number of infrutescence per cluster, and number of fruits per infrutescence) did not distinguished between clusters with short- or long-styled flowers. Larger number of fruits per cluster was found in clusters of long-styled flowers and, therefore, reproductive success was higher in this type of cluster.

Key words – *Psychotria ipecacuanha*, ipecac, clonal propagation, fecundity, medicinal plant

INTRODUÇÃO

Psychotria ipecacuanha (Brot.) Stokes (= *Cephaelis ipecacuanha* (Brot.) A. Rich.), vulgarmente denominada de poaia ou ipeca, é uma espécie medicinal nativa das matas tropicais do continente americano e que se encontra ameaçada de extinção (Mendonça & Lins 2000). Seus indivíduos se desenvolvem em agregados perenes, denominados de reboleiras, em áreas de sub-bosque que recebem baixos níveis de radiação luminosa (Oliveira & Martins 1998). Atualmente, a espécie apresenta distribuição disjunta em três grandes áreas: a) florestas da América Central (Panamá e Costa Rica) e norte da América do Sul (Colômbia), b) sul da Floresta Amazônica (nos Estados de Rondônia e Mato Grosso) e, c) na Floresta Atlântica (principalmente nos Estados da Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro) (Skorupa & Assis 1998; Assis & Giuliatti 1999). A espécie é distílica; as reboleiras são isomórficas, ou seja, apresentam apenas uma das formas florais (brevistila ou longistila) e as populações se mostram isopléticas, apresentando frequências aproximadamente iguais de reboleiras com uma dada forma floral (Capítulo 1).

As raízes de *P. ipecacuanha* são reconhecidas mundialmente por suas propriedades expectorante, amebicida e vomitiva, propriedades estas devido ao acúmulo dos alcalóides isoquinolínicos emetina, cefalina e psicotrina (Trease & Evans 1989; Bruneton, 1999). Estas raízes atingiram, no passado, uma grande importância medicinal, e a demanda do mercado externo foi atendida, basicamente, por meio de um intenso processo de extrativismo (Addor 1945, Oliveira & Martins 1998). Embora, atualmente, o impacto das coletas silvestres se encontre minimizado, o declínio das populações nativas ainda continua, desta vez, resultante do impacto advindo de vários fatores relacionados a perturbações antrópicas dos habitats naturais (Oliveira & Martins, 2002). Tendo em vista serem altas a fragmentação e a degradação das áreas de ocorrência

nativa de *P. ipecacuanha*, medidas urgentes devem ser tomadas para possibilitar a conservação da diversidade genética ainda remanescente, especialmente na Floresta Atlântica.

A implementação de ações efetivas de conservação depende do entendimento prévio dos vários componentes da diversidade genética, incluindo a biologia reprodutiva. Embora já se tenha relatado que *P. ipecacuanha* pode se reproduzir tanto pela via sexual quanto pela via clonal (Caminha 1943, Pio Correia 1969), a literatura corrente oferece pouco detalhamento a respeito da dinâmica e importância destes processos para a manutenção de populações naturais. O presente trabalho caracterizou simultaneamente a propagação clonal e a fecundidade em populações naturais de *P. ipecacuanha*, com o objetivo específico de responder às seguintes perguntas: 1) Como seria a organização das reboleiras em condições naturais de desenvolvimento nas áreas de sub-bosque do sudeste brasileiro? 2) Quais seriam os padrões da fenologia reprodutiva da espécie? 3) As características de fecundidade e o sucesso reprodutivo estariam relacionados à forma floral apresentada pela reboleira? 4) Quais seriam as relações entre características de propagação clonal e de reprodução sexual? Tais respostas irão elucidar vários importantes aspectos da biologia reprodutiva desta espécie endêmica e ameaçada e poderão contribuir para a implementação de ações efetivas visando sua conservação genética.

MATERIAL E MÉTODOS

Populações de estudo. As observações e coletas de dados foram realizadas em 35 reboleiras pertencentes a três populações. Estas populações se encontram em condições naturais de desenvolvimento em áreas de sub-bosque da Floresta Atlântica do sudeste

brasileiro. Duas populações se localizam no Parque Estadual do Rio Doce –PERD- (MG), distam entre si em cerca de 40 Km e possuem 10 e 12 reboleiras, respectivamente. A terceira população, com 13 reboleiras, está localizada no distrito de Raposo, município de Itaperuna (RJ). Os detalhamentos da posição geográfica, climatologia e cobertura vegetal das áreas onde cada população se encontra foram apresentados anteriormente (Capítulo 1). O material botânico foi depositado no Herbário VIC do Departamento de Biologia Vegetal da Universidade Federal de Viçosa.

Coleta de dados. A espécie possui hábito perene e por isto as reboleiras, uma vez localizadas, podem ser visitadas repetidamente. Quanto à propagação clonal, as reboleiras foram investigadas mensalmente de dezembro de 2001 a dezembro de 2002. Quanto à fecundidade, foram investigadas de novembro de 2001 a junho de 2002 (ciclo reprodutivo 2001/2002) e de novembro de 2002 a dezembro de 2002 (ciclo reprodutivo 2002/2003). As visitas tiveram frequência quinzenal durante o período em que as reboleiras estavam floridas e, alternativamente, frequência aproximadamente mensal.

Propagação clonal. A coleta de dados referentes à propagação clonal foi realizada em dois níveis: em nível de reboleira e em nível de hastes dentro da reboleira. As reboleiras foram avaliadas individualmente com relação à área ocupada no sub-bosque (m^2) e ao número de hastes com altura maior que 5 cm. Posteriormente, os valores obtidos para estas duas características foram utilizados para se calcular a densidade de hastes na reboleira ($hastes/m^2$). Durante cada avaliação, dez hastes representativas foram selecionadas por reboleira e delas foram tomadas as seguintes mensurações: altura (cm), diâmetro basal (mm), número de nós, comprimento dos entre-nós (cm), número de folhas e área foliar (cm^2) das folhas totalmente expandidas. A seguir, obteve-se as médias gerais de cada uma destas características. Partes subterrâneas não foram

investigadas de modo a evitar perturbações ao desenvolvimento dos indivíduos que as escavações pudessem trazer.

Fenologia reprodutiva. As fenofases, floração e frutificação foram investigadas em todas as 35 reboleiras. As seguintes características foram avaliadas: número de hastes floridas, número de flores abertas, número de hastes com frutos, número de frutos imaturos e número de frutos maduros. Considerou-se que o período de floração iniciou-se com a abertura das primeiras flores e o período de frutificação com o aumento, em volume, dos ovários. A maturação foi caracterizada pela mudança de coloração dos frutos, que passaram da cor verde para a arroxeadada. A média de cada uma das características avaliadas foi obtida por forma floral, por época de avaliação. A percentagem média de hastes nas respectivas fenofases, por época de avaliação, foi determinada tendo como referência o número total de hastes com altura maior que 5 cm presentes nas três populações em conjunto.

Fecundidade. A fecundidade foi verificada em cada reboleira individualmente, avaliando às seguintes características: número de inflorescências por reboleira, número de flores por inflorescência, número de inflorescências com frutos, número de frutos por inflorescência. A seguir, obteve-se as médias de cada uma destas características por forma floral (brevistila ou longistila), em cada ciclo reprodutivo. O número total de flores em cada forma floral, nas três populações em conjunto, foi estimado levando-se em conta o número médio de flores por inflorescência, o número médio de inflorescências por reboleira e o número de reboleiras avaliadas. Finalmente, o sucesso reprodutivo de cada forma floral, em cada ciclo, foi obtido pela relação entre o número esperado e o número observado de frutos. O número esperado de frutos foi considerado como sendo igual ao número total de flores produzidas, pois considerou-se que

potencialmente cada flor poderia dar origem a um fruto. O número observado de frutos foi à somatória dos números de frutos verdes observados 20 dias após o pico da floração.

Análises estatísticas. As análises foram realizadas utilizando o aplicativo Statistica 5.5 (StatSoft, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Organização das reboleiras. As reboleiras (Figura 1a) apresentaram-se com bordas sempre muito bem delimitadas, tomando formas que visualmente, relembram circunferências ou elipses. Os indivíduos dentro das reboleiras são constituídos por caules subterrâneos e por caules aéreos, eretos, tipo haste (Figura 1b). Os caules subterrâneos são lignificados e alastram-se produzindo ramificações horizontais por toda a extensão da reboleira. A propagação clonal dos indivíduos ocorreu por meio de brotações em intervalos regulares, advindas de gemas caulinares e/ou radiculares. As hastes apresentaram-se muito entrelaçadas entre si tornando difícil distinguir se pertenciam a um mesmo indivíduo ou a indivíduos diferentes. Em geral, as hastes não apresentaram ramificações, são pouco lignificadas na parte basal e contém folhas apenas no terço superior (Figura 1b). Robbrecht (1988) denominou este tipo de arquitetura vegetal como geofrutescente. A propagação clonal da espécie propicia agrupamentos densos e entrelaçados que parecem excluir outras espécies da reboleira. Desta forma, observações visuais indicaram ser muito baixo o número de indivíduos de outras espécies coexistindo com *P. ipecacuanha* dentro da área ocupada pela reboleira. A espécie parece seguir a estratégia de crescimento “falange”, termo utilizado por Lovett-

Doust (1981) para descrever espécies com padrão de expansão mais agregado e que exclui outras plantas de seu território clonal. Espécies com estratégias de “falange” interagem predominantemente com módulos de sua própria estrutura, aumentando a competição intra-específica (Hutchings 1986, Eriksson 1993, Silvertown & Lovett Doust 1993, Begon *et al.* 1996).

A organização das reboleiras em condições naturais de desenvolvimento é apresentada por meio da distribuição dos valores médios das características de propagação clonal (Figura 2). A distribuição ocorreu de forma similar tanto em reboleiras da forma brevistila quanto naquelas da forma longistila. Os resultados mostram que foi mais freqüente encontrar, nas três populações investigadas, reboleiras pequenas (até seis m² de área ocupada), que possuíam até aproximadamente 110 hastes cada e cuja densidade estivesse em torno de 15-20 hastes/m². A maioria das hastes possuía altura até 20 cm, com até 11 nós, entre-nós de cerca de 2,0 cm cada e até 3,0 mm de diâmetro da base. Além disto, a maioria das hastes apresentou até sete folhas com área foliar atingindo até 21 cm² por folha (Figura 2).

Estudo anterior havia demonstrado que *P. ipecacuanha* é isoplética em relação a proporção de reboleiras com uma dada forma floral (Capítulo 1). No presente estudo, determinou-se que a isopletia na espécie também pode ser estendida no que se refere a proporção de hastes, pois foi encontrado uma razão equilibrada entre o número total de hastes de reboleiras que possuem forma floral brevistila (1692,8 hastes em 18 reboleiras) e o número total de haste em reboleiras que possuem forma longistila (1581,6 hastes em 17 reboleiras).

Dentre as populações naturais de *P. ipecacuanha* já encontradas no sudeste brasileiro, as três investigadas no presente estudo foram aquelas que apresentaram o maior número de reboleiras e também aquelas que estão situadas em áreas florestais sob os menores efeitos de erosão genética (Oliveira & Martins 2002). Assim sendo, os

dados aqui apresentados sugerem valores que poderiam ser considerados como representativos do desempenho a ser esperado para reboleiras que se desenvolvam em áreas de sub-bosque da Floresta Atlântica submetidos às atuais práticas conservacionistas. O registro dos valores atuais de organização de reboleiras de populações naturais permitirá confrontações do desempenho atual com aquele presente em situações futuras, quando os fragmentos florestais estiverem sob o efeito de condições ecológicas diferentes daquelas em que se encontram na atualidade. Tais confrontações poderiam ser realizadas, por exemplo, se o presente trabalho tivesse analisado dados de organização de reboleiras proveniente das populações naturais do Mato Grosso e pudesse compará-las com aqueles relatados anteriormente. Addor (1945) narrou o processo de coleta das raízes em regiões poaieiras do Mato Grosso e relatou que, em períodos pré-extrativistas, o número de hastes na reboleira chegava a 500, enquanto que este número não ultrapassava 50 nas áreas onde a coleta estava sendo realizada naquele momento.

Fenologia reprodutiva. A floração de *P. ipecacuanha* é curta, iniciando-se na segunda semana de novembro e estendendo-se até o início de janeiro (Tabela 1). A maior porcentagem de hastes floridas foi observada durante a primeira quinzena de dezembro, em ambos os ciclos reprodutivos, caracterizando um pico de floração. A floração foi sincronizada, independente do tipo floral da reboleira, semelhante ao registrado em *Psychotria horizontalis* (Augspurger 1983). Os resultados mostraram frutos verdes de dezembro a abril e, por isso, o início do período de frutificação se mostrou sobreposto ao término do período de floração. A maior porcentagem de hastes com frutos verdes (9.74%) ocorreu em janeiro, aproximadamente 20 dias após o pico da floração. O amadurecimento dos frutos teve início em fevereiro e se estendeu até maio, sendo que a maior porcentagem de hastes com frutos maduros (4.04%) foi observada em abril

(Tabela 1). Assim como ocorrido na floração, também houve sincronização de frutificação entre reboleiras de ambos os tipos florais.

As espécies de florestas semidecíduas do sudeste brasileiro e de outras florestas tropicais exibem, em geral, um padrão de florescimento que se caracteriza pela sua alta definição temporal e pequena duração (Morellato 1991). A sincronia de florescimento beneficia aquelas espécies que apresentam auto-incompatibilidade e que, por isso, requerem transporte de pólen entre genótipos compatíveis (Pombal & Morellato 2000; Rathcke & Lacey 1985). Portanto, o padrão de florescimento apresentado por *Psychotria ipecacuanha* parece ser estratégico e necessário, pois permitiria a ocorrência de polinização legítima uma vez que o polinizador teria a chance de transportar pólen entre reboleiras com forma floral distinta.

Fecundidade. O número de inflorescências por reboleira variou entre um a 61 (em reboleiras que apresentaram flores brevistilas) e entre um a 86 (em reboleiras que apresentaram flores longistilas); a maioria variou de um a 14 (Figura 3). Em geral, foram encontradas entre 15 e 21 flores em uma dada inflorescência (Figura 3). Não foram encontradas diferenças significativas entre as reboleiras com flores brevistilas daquelas com flores longistilas quanto ao número médio de flores por inflorescência e número médio de inflorescências por reboleira (Tabela 2). Apesar disso, no ciclo reprodutivo 2002/2003 observou-se pequeno aumento nesses números, indicando que este ciclo propiciou que a espécie apresentasse um maior investimento em floração. Embora a existência de reboleiras que apresentam duas inflorescências por haste já tenha sido relatada (Martins 2000), o presente estudo registrou que a ampla maioria das hastes possuía apenas uma única inflorescência.

Tanto as reboleiras com flores brevistilas quanto aquelas com flores longistilas produziram frutos em condições naturais (Figura 3). Embora tenha-se encontrado reboleiras que apresentaram até 40 inflorescências com frutos, uma reboleira representativa das populações estudadas possui apenas entre um a cinco inflorescências com frutos (Figura 3). O número máximo de frutos por inflorescência chegou a 25, sendo que a maioria das inflorescências produziu de um a cinco frutos (Figura 3).

No ciclo reprodutivo 2001/2002, as reboleiras não se diferiram quanto ao número médio de frutos por inflorescência; no ciclo subsequente houve diferença significativa: as reboleiras brevistilas produziram, em média, mais frutos por inflorescência (Tabela 2). O número médio de frutos por inflorescência foi maior no ciclo 2001/2002, independente da forma floral das reboleiras. Não houve diferenças significativas quanto ao número médio de inflorescências com frutos por reboleira (com flores brevistilas ou longistilas), em ambos os ciclos reprodutivos. A menor frutificação apresentada por *P. ipecacuanha*, em um dado ciclo reprodutivo, pode ter sido determinada pela limitação de polinizadores ou pela ineficiência dos visitantes florais como polinizadores, reduzindo o fluxo de pólen, entre as formas florais, necessário para efetivar a fecundação, uma vez que essa espécie é, predominantemente, auto-incompatível (Capítulo 1).

As reboleiras apresentaram diferenças no sucesso reprodutivo nos dois ciclos reprodutivos estudados. Aquelas que possuíam flores longistilas demonstraram maior frutificação em ambos os ciclos (Tabela 3). Esses resultados podem ser, parcialmente, explicados pelo fato dessas flores possuírem os estigmas exsertos associado à posição das anteras das flores brevistilas; essa característica facilitaria o contato com os polinizadores, resultando em maiores índices de polinizações legítimas (*cf.* Ganders 1979, Willson 1983). Deste modo, as flores longistilas podem estar exercendo, principalmente, a função feminina (maternal) e as brevistilas, a função masculina

(paternal), tal como proposto por Monteiro *et al.* (1991) ao estudar *Psychotria barbiflora*.

Relações entre características de fecundidade e de propagação clonal. A Figura 4 mostra a dispersão entre pares de valores obtidos para características de fecundidade e para características de propagação clonal das reboleiras estudadas. Os resultados demonstram que, independente da forma floral presente, reboleiras de maior área também apresentaram maior número de hastes e maior número de flores. No entanto, o número de flores por inflorescência mostrou-se independente da área e da forma floral da reboleira, sendo que os valores encontrados para esta característica estão dispersos em torno da sua média geral. Por sua vez, o maior número de flores formadas em reboleiras de forma floral brevistila não foi acompanhado por um maior número de frutos. Em termos relativos, as reboleiras que ocuparam menor área apresentaram maior frutificação e maior sucesso reprodutivo. Este fato pode estar relacionado ao comportamento dos polinizadores, já que a efetivação de polinizações legítimas e o fluxo de pólen de uma reboleira para outra possivelmente ocorre com maior facilidade entre reboleiras de menor área.

Em conclusão, as reboleiras apresentaram-se densas, com hastes entrelaçadas, e com baixa frequência de indivíduos de outras espécies coexistindo na reboleira. Os dados mostraram que a maioria das reboleiras estudadas ocupou áreas com até seis m² e possuíram até 110 hastes por reboleira. A fenologia da floração e frutificação ocorreu de forma sincrônica tanto em reboleiras com forma floral brevistila e naquelas com forma floral longistila; e a espécie apresentou pico de floração na segunda quinzena de dezembro, pico de frutificação em janeiro e maturação dos frutos entre fevereiro e maio. Em geral, reboleiras com forma floral brevistila não puderam ser diferenciadas das longistilas com relação às características de fecundidade avaliadas. Houve, porém, uma

tendência de se encontrar mais frutos por reboleira quando a reboleira possuía flores longistilas e consequentemente, nos dois ciclos avaliados, o sucesso reprodutivo foi maior nas reboleiras com forma floral longistila do que naquelas com flores brevistilas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addor, A.A. 1945. Considerações acerca da poaia. **Boletim do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro 34**: 1-18.
- Assis, M.C. & Giulietti, A.M. 1999. Morphological and anatomical differentiation in populations of “ipecacuanha” – *Psychotria ipecacuanha* (Brot.) Stokes (Rubiaceae). **Brazilian Journal of Botany 22**: 205-216.
- Augsburger, C.K. 1983. Phenology, flowering synchrony, and fruit set of six neotropical shrubs. **Biotropica 15**: 257-267.
- Begon, M; Harper, J.L. & Townsend, C.R. 1996. **Ecology: individuals, populations and communities**. 3rd ed. Blackwell Science Ltd. 1068 p.
- Bruneton, J. 1999. *Pharmacognosy, phytochemistry, medicinal plants*. 2nd edition. Paris: Lavoisier, 1119 p.
- Caminha, F.A.A. 1943. Ipecacuanha: *Evea ipecacuanha* (Brotero) Standley. **Boletim do Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro 32**: 33-52
- Erickson O. 1993. Dynamics of genetics in clonal plants. **Tree 8**: 313-316
- Ganders, F.R. 1979. The biology of heterostyly. **New Zealand Journal of Botany 17**: 607-635.

Hutchings, M.J. 1986. The struture of plant populations. In: Crawley, M.J. (ed.). **Plant Ecology**. Blackwell Scientific Publications, 496p.

Lovett-Doust L. 1981. Population dynamics and local specialization in a clonal perennial (*Ranunculus repens*) I. The dynamics of ramets in contrasting habitats. **Journal of Ecology** **69**: 743-755.

Martins, E.R. 2000. **Conservação da poaia (*Psychotria ipecacuanha*): coleta, ecogeografia, variabilidade genética e caracterização reprodutiva**. Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos de Goytacazes – RJ. Dissertação de Mestrado 108 p.

Mendonça, M.P. & Lins, L.V. 2000. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, Fundação Zôo-Botânica de Belo Horizonte, 157p.

Monteiro, R.; Nakajima, J.N.; Ribeiro, J.E.L.S. & Toledo, J.C. 1991. Morfologia e distribuição espacial das formas heterostílicas de *Psychotria barbiflora* DC. (Rubiaceae). **Naturalia** **16**: 137-146.

Morellato, L.P.C. 1991. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. Universidade Estadual de Campinas , Campinas. Tese, Ph.D.

Oliveira, L.O. & Martins E.R. 1998. **O desafio das plantas medicinais brasileiras: I – O caso da poaia (*Cephaelis ipecacuanha*)**. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF, 73 p.

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.

Pio Correia , M. 1969. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: IBDF v.4.

Pombal, E.C.P. & Morellato, L. P. 2000. Differentiation of floral color and odor in two fly pollinated species of *Metrodorea* (Rutaceae) from Brazil. **Plant Systematic and Evolution** **221**: 141-156.

Rathcke, B. & Lacey, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. **Annual Review of Ecology and Systematics** **16**: 179-214.

Robbrecht E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. **Opera Botanica Belgica** **1**: 1-271.

Silvertown, J.W. & Lovett-Doust 1993. **Introduction to plant population biology**. Blackwell Science Ltd, 210p.

Skorupa, L.A. & Assis, M. C. 1998. Collecting and conserving ipecac (*Psychotria ipecacuanha*, Rubiaceae) germplasm in Brazil. **Economic Botany** **52**: 209-210.

StatSoft, Inc. (2000). STATISTICA for Windows [Computer program manual] Tulsa, OK.

Trease, G. E. & Evans, W.C. 1989. **Pharmacognosy**. London: Baillière Tindal, 450p.

Willson, M.F. 1983. **Plant reproductive ecology**. New York: John Wiley & Sons,
267p.

Tabela 1. Caracterização fenológica da floração e frutificação de *Psychotria ipecacuanha* nos ciclos reprodutivos de 2001/2002 e 2002/2003. (-) = Período não avaliado; Q = quinzena.

Ciclo		% das hastes nas respectivas fenofases por período de avaliação								
Reprodutivo	Fenofase	2ª Q Nov	1ª Q Dez	2ª Q Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
2001/2002	Floração	3,3	7,9	0,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Fruto imaturo	0,0	1,8	7,5	9,7	8,4	6,8	3,1	0,0	0,0
	Fruto maduro	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,4	4,0	1,3	0,0
2002-2003	Floração	6,5	15,6	0,6	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Fruto imaturo	0,0	0,5	7,8	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
	Fruto maduro	0,0	0,0	0,0	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Tabela 2. Comparação dos valores médios das características de fecundidade entre reboleiras de forma floral brevistila (B) e longistila (L) de *Psychotria ipecacuanha*. F/In = número médio de flores por inflorescência, In/R = número médio de inflorescências por reboleira, Fr/In = número médio de frutos por inflorescência, Ir/R = número médio de inflorescências com frutos por reboleira. t = teste de student, (* P < 0.01, ** P < 0.05, e ^{NS} = diferença não significativa a 5%).

Forma	F/In		In/R		Fr/In		Ir/R	
floral	2001/2002	2002/2003	2001/2002	2002/2003	2001/2002	2002/2003	2001/2002	2002/2003
B	18,8	21,6	16,9	22,2	3,3	2,5	7,7	4,4
L	19,5	22,3	15,9	29,7	3,4	1,9	0,4	8,0
t	0,9 ^{NS}	0,6 ^{NS}	0,2 ^{NS}	1,1 ^{NS}	0,3 ^{NS}	2,9*	1,1 ^{NS}	1,7 ^{NS}

Tabela 3. Sucesso reprodutivo de frutificação em reboleiras com flores brevistilas ou longistilas de *Psychotria ipecacuanha* durante os ciclos reprodutivos de 2001/2002 e 2002/2003.

Numero de Frutos	Forma Floral			
	Brevistila		Longistila	
	2001/2002	2002/2003	2001/2002	2002/2003
Esperado	5409,2	8635,7	5275,9	11228,9
Observado	355,0	181,0	582,0	325,0
Sucesso reprodutivo (%)	6,6	2,1	11,0	2,9



Figura 1. *Psychotria ipecacuanha*. 1a. Aspecto geral de uma reboleira. 1b. Propagação clonal, mostrando três hastes (caules aéreos eretos), que se formaram a partir de gemas caulinares.

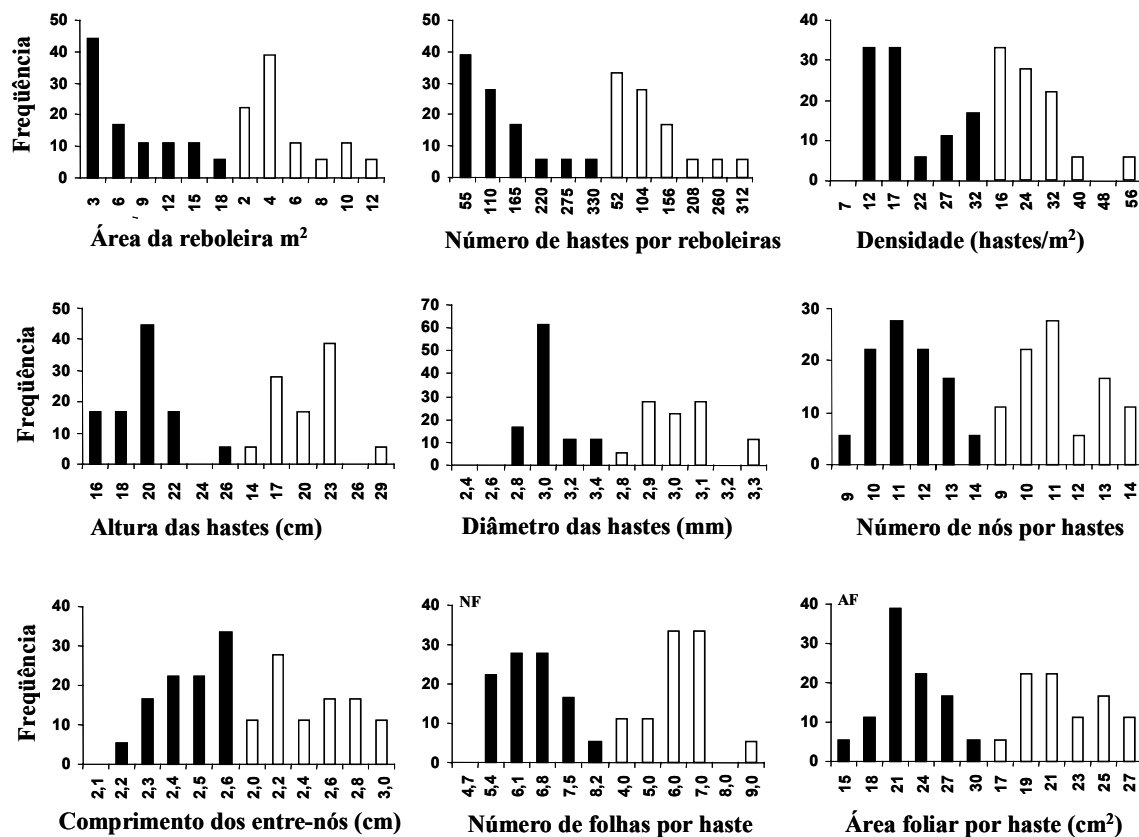


Figura 2. Distribuição dos valores médios das características de propagação clonal entre reboleiras de forma floral brevistila (■) e longistila (□) de *Psychotria ipecacuanha*. No eixo X estão representados os valores médios da característica, ordenados de forma crescente por forma floral.

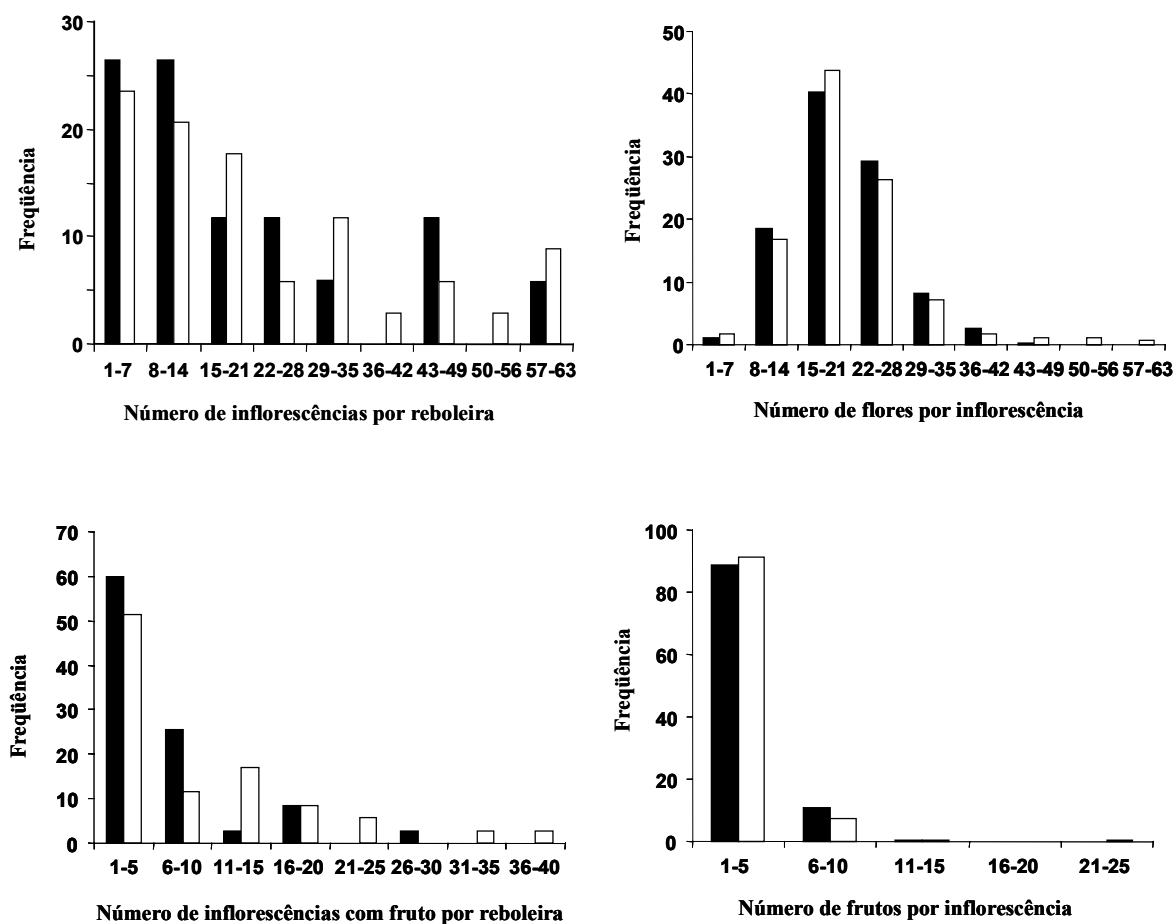


Figura 3. Distribuição dos valores médios das características de fecundidade entre reboleiras de forma floral brevistila (■) e longistila (□) de *Psychotria ipecacuanha*. No eixo X estão representados os valores médios da característica, ordenados de forma crescente.

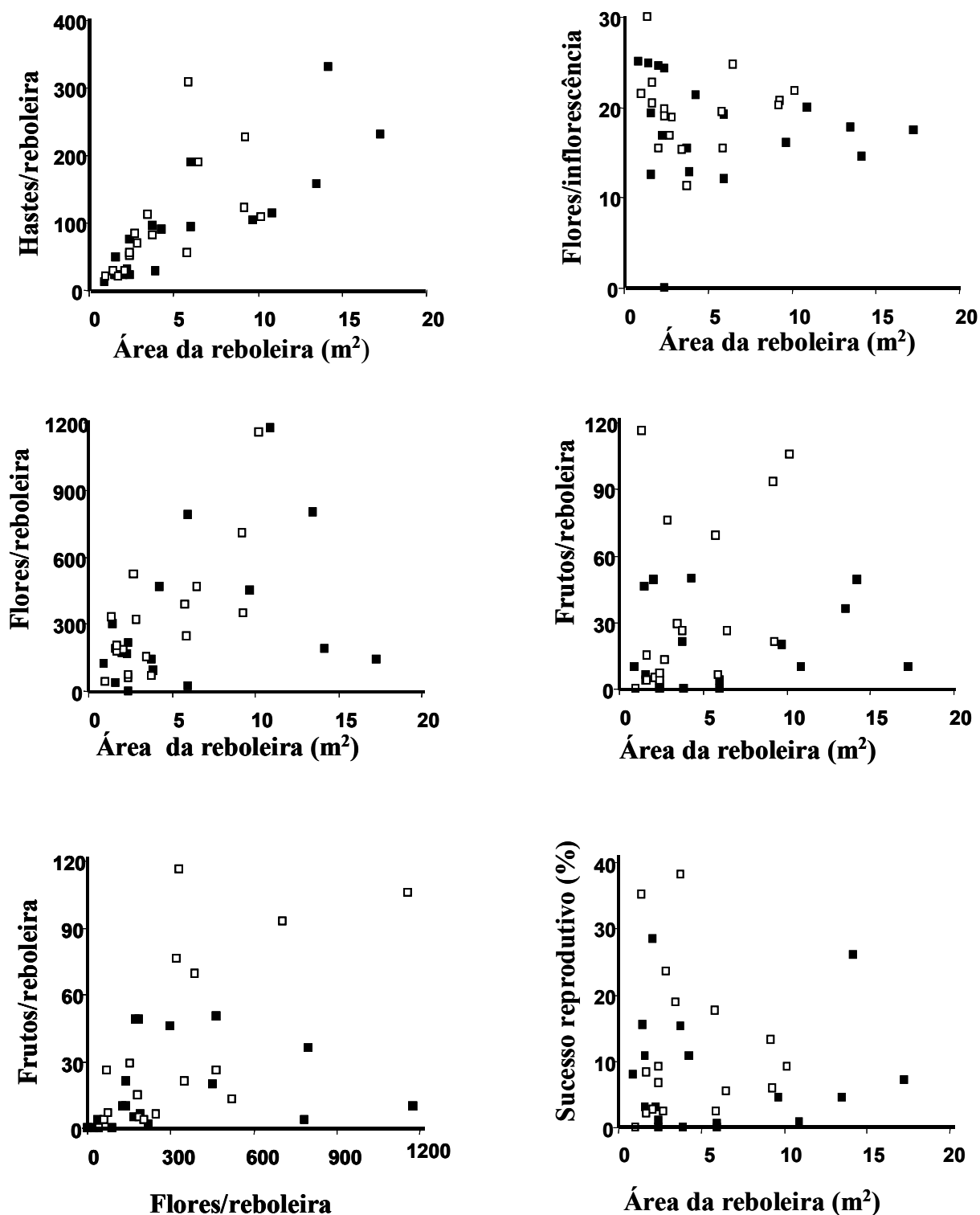


Figura 4. Relações entre características de fecundidade e características de propagação clonal em reboleiras de forma floral brevistila (■) e longistila (□) de *Psychotria ipecacuanha*.

CONCLUSÕES GERAIS

Os resultados apresentados no primeiro capítulo permitiram concluir que: (1) as reboleiras de *P. ipecacuanha* são constituídas de apenas uma forma floral (isomorfia); (2) as três populações naturais investigadas apresentaram razão equilibrada entre as formas florais (isopletia); (3) as formas florais, brevistila e longistila, puderam ser facilmente diferenciadas, por meio da altura do estigma, altura da antera, comprimento da antera, comprimento do estigma, número de grãos de pólen por antera e diâmetro médio do grão de pólen; (4) a espécie possui hercogamia recíproca, caracterizando-a como distílica (5) existem diferenças morfológicas interpopulacional, dentre cada forma floral e (6) a espécie apresenta certo grau de compatibilidade intraforma, embora as maiores porcentagens de frutificação tenham sido registradas em polinizações legítimas.

No capítulo subsequente, pode-se concluir que: (7) as reboleiras apresentaram-se densas, com hastes entrelaçadas, e com baixa frequência de indivíduos de outras espécies coexistindo na reboleira. A maioria das reboleiras estudadas ocupou áreas com até seis m² e possuíram até 110 hastes por reboleira; (8) reboleiras com forma floral distinta, não apresentaram diferenças entre si, com relação a sua organização; (9) a fenologia da floração e frutificação ocorreu de forma sincrônica entre as reboleiras de forma floral brevistila e de forma floral longistila. A espécie apresentou pico de floração na segunda quinzena de dezembro, pico de frutificação em janeiro e maturação dos frutos entre fevereiro e maio; (10) em geral as características de fecundidade não distinguiram as reboleiras de forma floral distintas; (11) o sucesso reprodutivo foi maior nas reboleiras de forma floral longistila, nos dois ciclos avaliados; (12) reboleiras com menor área apresentaram um maior sucesso reprodutivo.