

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**CONSERVAÇÃO *IN SITU* DE *Maytenus ilicifolia* MART. EX REISS.  
(CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI - PR**

**Maria Cristina Medeiros Mazza**

**SÃO CARLOS – SP  
2006**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**CONSERVAÇÃO *IN SITU* DE *Maytenus ilicifolia* MART. EX REISS.  
(CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI - PR**

**Maria Cristina Medeiros Mazza**

**Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências. Área de concentração em Ecologia e Recursos Naturais.**

**SÃO CARLOS – SP  
2006**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária/UFSCar**

M477cs

Mazza, Maria Cristina Medeiros.

Conservação *in situ* de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae) na Floresta Nacional de Irati – PR / Maria Cristina Medeiros Mazza. -- São Carlos : UFSCar, 2006. 121 p.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2006.

1. Ecologia de populações. 2. Conservação (Biologia). 3. Espécies em extinção. 4. Plantas medicinais. 5. Dinâmica de populações. I. Título.

CDD: 574.5248 (20<sup>a</sup>)

---

**Orientador**  
**Prof. Dr. José Eduardo dos Santos**

**Ao meu esposo e companheiro  
de todos os momentos  
de nossas vidas.**

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, pela oportunidade da orientação, pelos ensinamentos, por estar sempre presente, mesmo à distância, transmitindo conhecimento, com respeito e dignidade, apoio incondicional e estímulo, pela orientação muito positiva, pelas sugestões, paciência, tolerância e pela amizade.

Ao Prof. Dr. Felisberto Cavalheiro *in memoriam* pela orientação inicial, pelos ensinamentos, e pelo convívio agradável compartilhado durante sua orientação, o curso e deslocamento ao Paraná para visita a Flona de Irati.

Ao Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires, pelas sugestões, ensinamentos, discussões, convívio, amizade e apoio durante a realização do trabalho.

Ao Prof. Dr. Carlos Henke de Oliveira, pelos ensinamentos e sugestões durante as etapas do trabalho, convívio e amizade.

A Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Elisabete Maria Zanin pelas contribuições, sugestões, discussões, atenção, convívio e amizade.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais pelas sugestões, ensinamentos durante todas as etapas. Aos colegas da pós-graduação e do Laboratório de Planejamento e Análise Ambiental, em especial ao Doutorando Luiz Eduardo Moschini pelo apoio, incentivo e amizade. Aos funcionários do PPG-ERN, pela amizade, atenção, e na resolução dos problemas burocráticos.

Aos membros da Banca Examinadora, Prof. Dr. José Eduardo dos Santos, Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Maria Inez Pagani, Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>. Elisabete Maria Zanin, Prof. Dr. Carlos Henke de Oliveira e Prof. Dr. Yuri Tavares Rocha, pela disponibilidade de participação, pelas contribuições, comentários, sugestões e correções.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Florestas pela liberação e oportunidade de realização deste Doutorado.

Ao Dr. Moacir José Sales Medrado, Chefe Geral da Embrapa Florestas pelo apoio em todos os momentos, incentivo, compreensão, amizade e por acreditar no desenvolvimento de nossas propostas de trabalho e de vida. Às Chefias da Embrapa Florestas, pelo apoio em todos os momentos, possibilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Pesquisador da Embrapa Florestas, Dr. Vitor Afonso Hoeflich pelo apoio em todos os momentos, compreensão, incentivo e amizade.

A Pesquisadora da Embrapa Florestas, Dra. Patrícia Povoá de Mattos, pelo apoio em todos os momentos, sugestões, compreensão, incentivo e amizade de longa data, possibilitando o desenvolvimento deste trabalho.

Aos pesquisadores da Embrapa Florestas, Dr<sup>a</sup> Valderês Aparecida de Sousa, Dr. Marcos Fernando G. Rachwal e Dr. Renato Antonio Dedecek, e à Doutoranda Maria Izabel Radomski, pelas sugestões e colaboração nas fases iniciais deste trabalho.

Ao Pesquisador da Embrapa Florestas, Dr. Antonio Aparecido Carpanezzi, pelo apoio na condução deste trabalho, na cessão de funcionários para auxiliar no trabalho de campo.

A todos os Funcionários da Embrapa Florestas, em especial ao Biólogo Irineu Olinisky e ao Sr. Wilson Maschio, ao Técnico Arnaldo Soares, pelo apoio nos trabalhos de campo.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao IBAMA e à administração local da Floresta Nacional de Irati, pela oportunidade que nos proporcionaram, possibilitando o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

À MINEROPAR, em especial ao Dr. Otávio Licht e ao Dr. Luiz Tadeu Cava pelo apoio no desenvolvimento do trabalho.

Ao SIMEPAR pela cessão dos dados meteorológicos da Estação de Fernandes Pinheiro, para utilização neste trabalho.

A SANEPAR-Irati pelo apoio no acesso aos dados da cota do rio Imbituva.

Ao Prof. Dr. Flávio Antonio Mães dos Santos, da UNICAMP, pelos ensinamentos e sugestões e à Doutoranda Aneliza de Almeida Miranda-Melo pelas sugestões nas análises dos dados.

Ao Estatístico Augusto César Mazza Canedo dos Santos, pelas sugestões nas análises dos dados.

Ao Dr. Paulo Roberto Castella, da SEMA-PR pela colaboração, disponibilizando material relativo a conservação da Floresta de Araucária no Paraná.

À Profª Drª. Marguerite Quorin, UFPR, pelo apoio, amizade e incentivo.

Ao meu esposo, Carlos Alberto, sempre incentivador, parceiro e cúmplice dos nossos ideais profissionais e de vida, pela convivência maravilhosa e pelo apoio em todos os momentos.

Aos meus pais Zélio e Yvette, por tudo de bom que eles me transmitiram, pela minha formação, educação e ensinamentos. A minha irmã Virgínia, cunhada Daisy e aos sobrinhos Alexandre; Augusto César e Janaína; Gisela, Luís Carlos e Luisinho; Leonardo, Márcia e Lucas; Marco, Jane, Natália e Marquinho; e Monique, pela compreensão, convivência e carinho em todos os momentos da minha vida. À minha segunda mãe Déa, pelo carinho, ensinamentos e pelos momentos maravilhosos que passamos juntas. A toda minha família, pela compreensão, apoio e estímulo dispensados durante a realização deste trabalho e na superação de todos os desafios.

A todos os amigos que participam da construção da minha história, que sempre me estimularam a crescer e compreenderam as minhas dificuldades, a todos que me apoiaram durante todas as fases deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
2.1. Objetivo Geral.....	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	6
3.2. ESPÉCIE.....	7
3.3. METODOLOGIA.....	10
3.3.1. Localização da espécie.....	10
3.3.2. Análise dos dados.....	12
4. REFERÊNCIAS.....	17
5. CAPÍTULO 1 – ESTRUTURA DE TAMANHO DE <i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reiss. (CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI – PR.....	23
5.1. RESUMO.....	24
5.2. INTRODUÇÃO.....	25
5.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
5.4. RESULTADOS.....	31
5.5. DISCUSSÃO.....	47
5.6. REFERÊNCIAS.....	50
6. CAPÍTULO 2 – FENOLOGIA REPRODUTIVA DE <i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reiss. (CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI – PR.....	54
6.1. RESUMO.....	55

6.2. INTRODUÇÃO.....	56
6.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
6.4. RESULTADOS.....	60
6.5. DISCUSSÃO.....	69
6.6. REFERÊNCIAS.....	79
7. CAPÍTULO 3 – DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>Maytenus ilicifolia</i> Mart. ex Reiss. (CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI – PR.....	84
7.1. RESUMO.....	85
7.3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	87
7.4. RESULTADOS.....	92
7.5. DISCUSSÃO.....	103
7.6. REFERÊNCIAS.....	111
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116

## RESUMO

A conservação da biodiversidade é uma questão prioritária e estratégica mundial. Nas últimas décadas, a extração intensiva de espécies não-madeireiras tem resultado numa preocupante perda da diversidade biológica. A recente expansão do mercado de plantas medicinais, baseado quase que exclusivamente no extrativismo, vem contribuindo para a erosão das espécies. *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (espinheira-santa), espécie das Florestas subtropicais, principalmente da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), com propriedades medicinais comprovadas no tratamento de distúrbios gastrointestinais, encontra-se, atualmente, nas listas da flora ameaçada de extinção do Paraná e São Paulo, na categoria “rara” e “presumivelmente extinta”, respectivamente, e tem sido considerada prioritária para conservação e manejo sustentável. As Unidades de Conservação desempenham um papel fundamental na conservação *in situ* da diversidade, entretanto, a composição e magnitude da biodiversidade distribuída nas Unidades de Conservação ainda são pouco conhecidas. Não se conhece relatos sobre conservação *in situ* de espécies medicinais no Brasil e, nem estudos sobre ecologia destas espécies nas Unidades de Conservação. Este estudo avalia aspectos da fenologia, estrutura e dinâmica populacional de *Maytenus ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati (FLONA de Irati), visando embasar a conservação *in situ* da espécie. A Flona de Irati (25°21’S e 50°35’W), Unidade de Conservação de Uso Sustentável, está localizada em Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares, Paraná. O acompanhamento fenológico foi realizado em 78 indivíduos adultos, em dois anos. As intensidades dos eventos floração e frutificação foram estimadas utilizando uma escala de notas, com 25% em cada classe. Na estrutura populacional foram avaliadas as hierarquias de tamanhos, em altura e diâmetro à altura do solo, em cinco agrupamentos de *Maytenus ilicifolia* em 2004-2006, por meio do Coeficiente de Gini. A dinâmica foi avaliada utilizando matriz de transição para cinco estádios de

desenvolvimento. Matriz de transição foi usada para estimar a taxa de crescimento finita da população ( $\lambda$ ), a estrutura estável e o valor reprodutivo no período 2005-2006 e, também, para as análises de sensibilidade e elasticidade. Foram identificados dois tipos florais ocorrendo somente um tipo floral em cada planta e o mesmo tipo floral em cada indivíduo nos dois períodos avaliados. A floração e frutificação variaram quanto à intensidade em função dos fatores climáticos e dos tipos florais. Para a população total, a estrutura de tamanho assumiu o tipo J-invertido, exibindo maior número de indivíduos de tamanho menor, mas diferiu significativamente entre agrupamentos e entre anos. As taxas de recrutamento e mortalidade variaram entre áreas e anos, enquanto  $\lambda$  foi menor que 1 em ambas as áreas, sugerindo uma tendência de redução do tamanho da população. As análises de sensibilidade evidenciaram que a taxa de crescimento ( $\lambda$ ) foi menos afetada pela reprodução sexual do que pelas probabilidades de sobrevivência e transição em um dado estágio para *M. ilicifolia* na Flona de Irati.

## ABSTRACT

The conservation of biodiversity is a priority and strategic question at world level. During the last decades, the intensive extraction of non-timber species resulted in the loss of biological diversity and degradation of natural forests. The recent expansion of medicinal plants, almost exclusively founded on extractivism contributes to degradation of these species in their natural environment. *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (“espinheira-santa”), species from the Sub-Tropical Forests, mainly from the Mixed Ombrophylous Forest (Araucaria Forest), has medicinal properties for treatment of gastrointestinal diseases. It is now listed among the endangered species of the flora of Parana and São Paulo States, in the categories of “rare” and “almost extinct” respectively, and has been considered as having priority for protection and sustainable use. The Protected Areas play a fundamental role in the *in situ* conservation of the biological diversity; however, the composition and importance of the biodiversity distributed in these Areas are not yet well known. There is neither report about *in situ* conservation of medicinal species in Brazil nor studies about their ecology in the Protected Areas. This study evaluates the phenology, size structure and population dynamics of *Maytenus ilicifolia* in the Irati National Forest, in order to have basis for its *in situ* conservation. The Irati National Forest (25°21’S e 50°35’W), a Protected Area of sustainable use, is localized in the municipalities of Fernandes Pinheiro and Teixeira Soares, Parana State. The phenologic study of this species was done in 78 adult individuals, during two years. The intensity of flowering and fructification events were estimated using a scale from zero to four, with 25% in every class. For population size structure, height and diameter were evaluated in five groups of *Maytenus ilicifolia* between 2004 and 2006, using the Gini coefficient. The dynamics was evaluated using transition matrices for five developmental stages. It was used to estimate the finite growth rate of the population ( $\lambda$ ), the stable structure and the reproductive value during

2005 and 2006 and also for the analyses of sensibility and elasticity. The flowering and fructification varied as to the intensity in function of the climatic factors and of the two identified floral types. For total population, the size structure presented the J-inerted type with many small plants and a small number of large plants, but differed significantly among groups and years. The finite growth rate of the population,  $\lambda$ , was lower than 1, suggesting a tendency of reduction of the population size. The analyses of sensibility showed that the growth rate ( $\lambda$ ) of *M. ilicifolia* in Irati Flona was less affected by reproduction than by the probabilities of survival and transition in a certain stage.

## 1. INTRODUÇÃO

A conservação da biodiversidade é uma questão prioritária e estratégica mundial (IUCN, 1989; HAMANN, 1991; WRI, 1992). Não obstante a sua importância do ponto de vista ambiental, sócio-cultural e econômico, as áreas naturais remanescentes ainda estão sob forte pressão, em rápido processo de degradação (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2005). No Brasil, considerado detentor da maior biodiversidade do Planeta, a situação não é diferente, vários ecossistemas encontram-se degradados devido ao avanço da agricultura, à extração seletiva de espécies e à expansão de áreas urbanas (BRASIL, 1998; 1999). Nas últimas décadas, várias espécies não-madeireiras de usos diversos vêm sendo intensivamente extraídas, aumentando a pressão sobre os remanescentes florestais nos diferentes estágios sucessionais, resultando numa preocupante perda da diversidade biológica.

Espécies de uso na medicina tradicional apresentaram um incremento considerável na comercialização nos últimos anos, principalmente depois de comprovadas suas atividades farmacológicas (CARLINI, 1988; TESKE e TRENTINI, 1994). A recente expansão do mercado de plantas medicinais, completamente dissociada de sistemas adequados de cultivo para fornecimento da matéria-prima, vem causando uma descontrolada devastação de espécies em ambientes naturais, contribuindo para a redução da biodiversidade, uma vez que a exploração é baseada quase que exclusivamente no extrativismo (MING et al., 2003).

*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae), espécie com propriedades medicinais comprovadas no tratamento de distúrbios gastrointestinais, encontra-se, atualmente, nas listas da flora ameaçada de extinção dos estados de São Paulo, como “presumivelmente extinta” (SMA, 2004), do Paraná, na categoria “rara” (PARANÁ, 1995), e do Rio Grande do Sul, na categoria “vulnerável” (Sociedade Brasileira de Botânica, 1998).

Esta espécie consta, também, da Lista de espécies sul-americanas (salvo Colômbia, Venezuela e Equador) definidas como de máxima prioridade para as atividades coordenadas pela FAO. *M. ilicifolia* tem sido considerada prioritária para ações de conservação e manejo sustentável (VIEIRA et al., 2002).

Conhecida popularmente como espinheira-santa, *M. ilicifolia* apresenta uso medicinal consagrado por comunidades indígenas e rurais da sua área de ocorrência, como analgésica, adstringente, anti-úlceras, anti-tumoral, afrodisíaca, contraceptiva e cicatrizante (ALONSO 1998; SIMÕES et al., 1988). A espécie é utilizada indistintamente no tratamento de distúrbios gastrointestinais, como úlceras pépticas e duodenais, gastralgias, hiperacidez (SIMÕES et al., 1988), sendo, também, usada por mulheres da América do Sul para o controle da fertilidade. Os estudos de Montanari (2002; 1998) mostraram que o extrato de *M. ilicifolia* causou uma perda significativa dos embriões antes da implantação, mas não teve efeito sobre a implantação ou a organogênese. A atividade estrogênica exibida por *M. ilicifolia* sugere que seu mecanismo de ação envolva uma interferência na receptividade uterina ao embrião. O gênero *Maytenus* é, também, considerado uma fonte importante de maytensina e outros maytensinóides altamente ativos. A maytensina é um agente antitumor altamente promissor, ativo contra vários neoplasmas experimentais, em dosagens muito pequenas, apresentando um índice terapêutico favorável (SHIROTA et al., 1994). A partir de 1988, as propriedades medicinais de *M. ilicifolia* foram comprovadas cientificamente no tratamento de distúrbios gastrointestinais, especialmente gastrite e úlceras (CARLINI, 1988), por pesquisas coordenadas pela extinta Central de Medicamentos (CEME) do Ministério da Saúde, envolvendo várias universidades do País, o que contribuiu para ampliar a sua utilização em nível nacional e internacional, acelerando o processo de erosão de suas populações nos habitats naturais, embora, hoje, já existam algumas experiências de cultivo por agricultores no Paraná (MING et al., 2003).

Na implantação de estratégias para a conservação da biodiversidade, muitos esforços têm se somado para definir, construir modelos e predizer o tamanho mínimo de áreas para a conservação (FRANKEL e SOULÉ, 1981; SOULÉ, 1990). O estabelecimento de um sistema representativo de áreas protegidas constitui um dos mecanismos mais eficientes e tradicionais para a conservação da biodiversidade, além de abrir oportunidades para a pesquisa científico-tecnológica e atividades de educação ambiental.

De acordo com Ming et al. (2003) e Vieira et al. (2002), não existem relatos de conservação *in situ* de espécies medicinais no Brasil. Em tese, as Unidades de Conservação têm por objetivo preservar também as espécies medicinais nelas contidas, integrantes da biodiversidade, porém, segundo Ming et al. (2003) não há trabalhos sistemáticos de levantamentos destas espécies nas UCs, da representatividade das populações, estudos sobre características ecológicas e demográficas e sobre a variação genética. Os autores enfatizam a necessidade de estudos de ecologia que forneçam a base para a conservação *in situ*, em nível de ecossistemas, comunidades e populações. Neste último, precisam ser abordados aspectos da biologia, como estrutura, demografia, dinâmica e biologia reprodutiva (HAMILTON, 2004; MING et al., 2003).

Os fatores demográficos focalizam especialmente a variação nas taxas de nascimento e mortalidade, e, conseqüentemente, na estrutura das populações (SILVERTOWN e DOUST, 1993). Investigações demográficas fornecem componentes importantes para a Análise da Viabilidade de Populações (PVA) de espécies arbóreas e arbustivas e para delinear critérios de conservação e manejo dos recursos florestais (SILVERTOWN et al., 1993; MENGES e DOLAN, 1998; PFAB e WITKOWSKI, 2000).

A informação biológica necessária para o desenvolvimento de diretrizes na conservação e recuperação de plantas ameaçadas ou raras inclui o conhecimento do “status” biológico destas espécies. Segundo Schemske et al. (1994), três questões são fundamentais

para o estabelecimento de planos e se iniciar qualquer esforço efetivo para a conservação e recuperação de espécies ameaçadas ou raras: primeiro, o acesso à informação demográfica para determinar se o número de indivíduos e populações de uma espécie está aumentando, diminuindo ou estável; segundo, determinar quais estádios da história da vida tem os maiores efeitos sobre o crescimento e persistência da espécie; e terceiro, avaliar quais são as causas biológicas de variação naqueles estádios da história da vida que tem um impacto demográfico principal.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Considerando que as Unidades de Conservação desempenham um papel fundamental para a conservação *in situ* de espécies medicinais sob risco de extinção e a necessidade de se conhecer o “status” biológico destas espécies, este trabalho tem como objetivo avaliar aspectos da dinâmica populacional de *Maytenus ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, para o conhecimento da magnitude da biodiversidade nas áreas protegidas e o estabelecimento de diretrizes para a conservação *in situ*.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a estrutura de tamanho de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati.
- Avaliar a fenologia reprodutiva de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati.
- Analisar aspectos da dinâmica populacional de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

Este trabalho foi realizado na Floresta Nacional de Irati (Flona de Irati), uma Unidade de Conservação Federal de Utilização Sustentável, criada como Parque Florestal, em 1946, e transformada em Flona em 1968. A Flona de Irati, com 3618,21 ha, está situada nos Municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares (Figura 1), na coordenada 25°21' de latitude sul e 50°35' de longitude oeste, tendo como limite os municípios de Imbituva e Irati, no Segundo Planalto Paranaense, Microrregião Colonial de Irati (MAZZA, 2006).

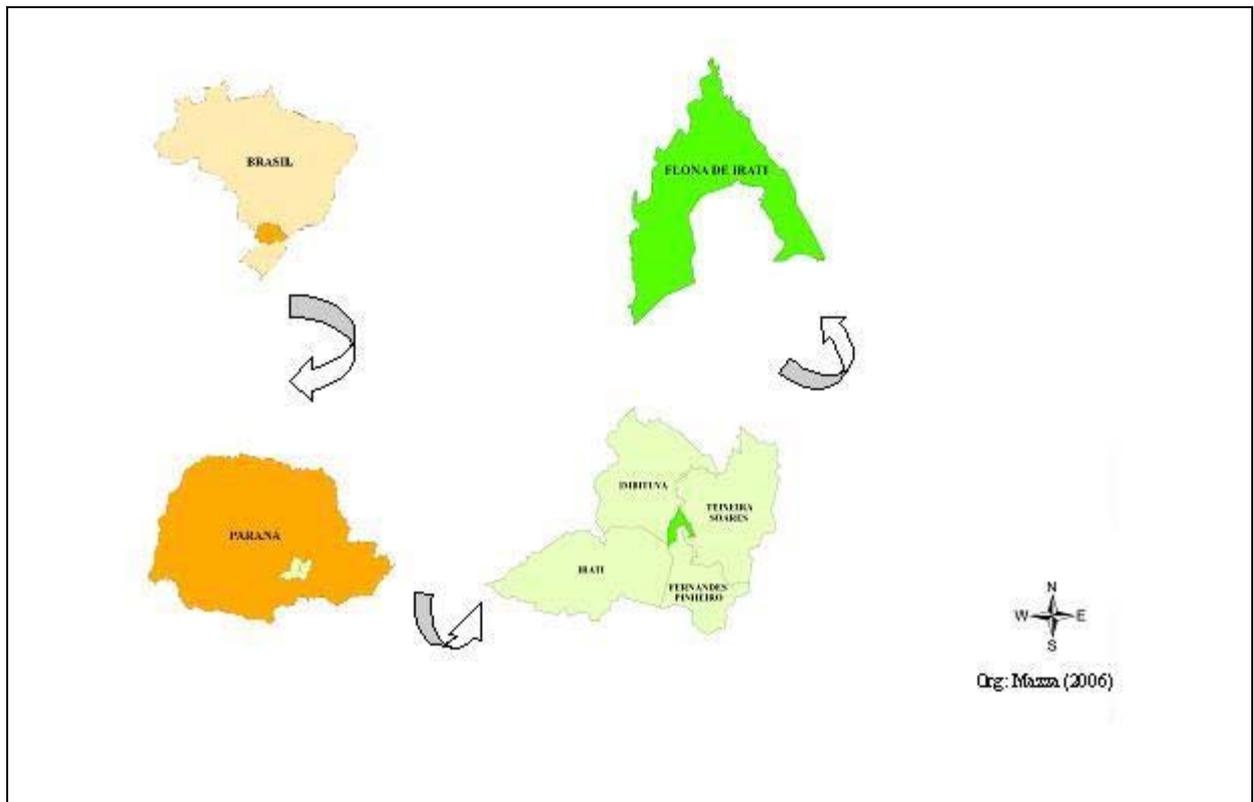


Figura 1: Localização da Floresta Nacional de Irati, PR.

Esta região está inserida na bacia do rio Tibagi, na área do Domínio da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), floresta tipicamente dominada pela espécie *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze (pinheiro-do-paraná; pinheiro-brasileiro), que ocupa o extrato superior nas áreas naturais (GALVÃO et al., 1989). Segundo Köppen, o clima regional é do tipo Cfb - Subtropical Úmido Mesotérmico, caracterizado por verões frescos, geadas severas e freqüentes e sem estação seca.

### 3.2. ESPÉCIE

O gênero *Maytenus*, pertencente à família Celastraceae, é pantropical, altamente diversificado, com 225 espécies concentradas em maior número na América do Sul. O Brasil conta com 77 espécies, das quais 43 estão na região do Brasil extra-amazônico, sendo que somente 6 (*M. cassineformis*, *M. boaria*, *M. ilicifolia*, *M. dasyclada*, *M. glaucescens* e *M. patens*) são exclusivas ou mais abundantes na região subtropical. Ao nível infragênérico, a seção *Oxyphylla*, na qual *M. ilicifolia* se insere, é quase que exclusiva do Brasil, ocorrendo em todas as regiões exceto a Amazônica (CARVALHO-OKANO, 1992).

*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. é um sub-arbusto (ou árvore) ramificado, geralmente, desde a base, medindo até cerca de cinco metros de altura, cuja característica é a presença de espinhos no bordo foliar. Os ramos novos são angulosos, tetra ou multicarenados. As folhas são coriáceas, com nervuras proeminentes na face abaxial, com forma variável de elíptica a estreitamente elíptica, com base aguda a obtusa e ápice agudo a obtuso. A margem das folhas pode se apresentar inteira ou com espinhos (Figura 2a, b, c) em número variável, distribuídos regular ou irregularmente no bordo, geralmente concentrados na metade apical de um ou de ambos os semi-limbos. Apresenta inflorescências em fascículos multifloros (Figura 2b) e frutos do tipo cápsula (Figura 2c), bivalvar, orbicular, de coloração vermelho-

alaranjada, quando maduro. De todas as espécies do gênero *Maytenus*, *M. ilicifolia* é a única que apresenta ramos angulosos, tetra ou multicarenados, e frutos cujo pericarpo maduro tem coloração vermelho-alaranjada, sendo estas características, portanto, importantes para sua identificação (CARVALHO-OKANO 1992; 2004).

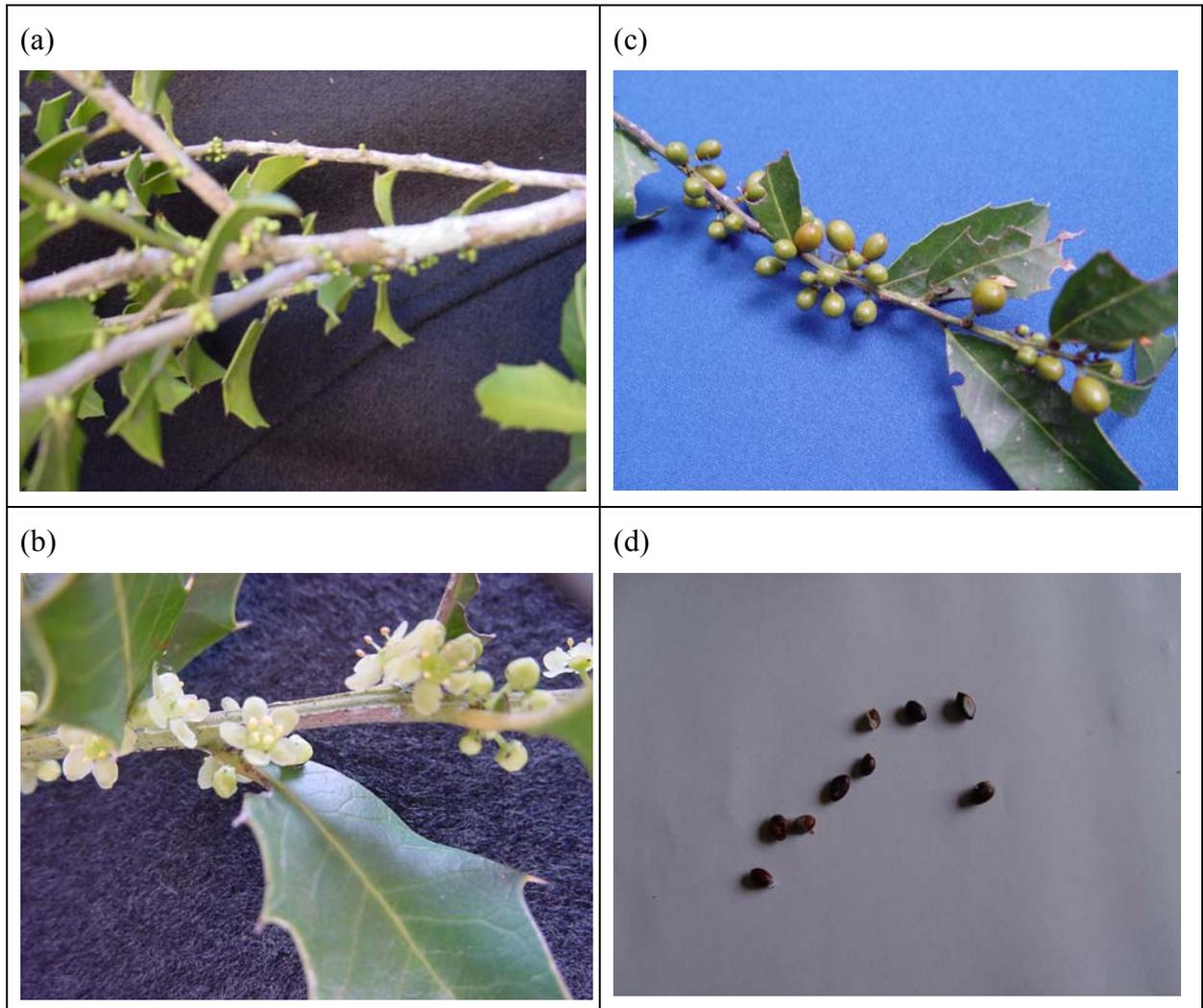


Figura 2: *Maytenus ilicifolia* – (a) botão floral; (b) flores e folhas com espinho nas bordas; (c) frutos verdes; (d) sementes. Fotos: MAZZA, M.C.M. (2004)

As sementes de *M. ilicifolia* (Figura 2d) apresentam comportamento ortodoxo por 60 dias, exigindo condições controladas para prolongar sua qualidade fisiológica além deste período (ROSA, 1998). Estas se caracterizam como oleaginosas com teor de 54% de lipídios, o que pode explicar, pelo menos em parte, sua deteriorização e perda de viabilidade

após algum tempo. Estes resultados levam ao entendimento de que a espécie não forma banco de sementes em condições naturais.

*M. ilicifolia* é encontrada nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (CERVI et al., 1989; CARVALHO-OKANO, 1992; 2004) e, também, no Paraguai, Uruguai e leste da Argentina. Ocorre, principalmente, na Floresta Ombrófila Mista, e, também, na Floresta Estacional Semidecidual e nas porções mais elevadas da Floresta Ombrófila Densa, em sub-bosques em fase de sucessão secundária tardia ou climáticas (KLEIN 1968, GALVÃO et al., 1989, RADOMSKI et al., 2004). A espécie foi classificada por ROSA (1998) como seletiva higrófila, preferindo solos úmidos em ambientes ciliares e, também, considerada uma planta seletiva esciófila, desenvolvendo-se bem sob luz difusa, no interior de sub-bosques, onde a floresta não é muito densa. Populações de *M. ilicifolia* ocorrem freqüentemente em ambientes com restrições edáficas, tais como matas ciliares, agrupamentos arbóreos em campo e afloramentos de rochas (STEENBOCK, 2003; CERVI et al., 1989; ITCF, 1985; KLEIN, 1968), geralmente em alta densidade e em pequenas áreas (STEENBOCK, 2003).

### 3.3. METODOLOGIA

#### 3.3.1. Localização da espécie

*Maytenus ilicifolia* foi localizada na Flona de Irati, com base no diagnóstico fitossociológico realizado por GALVÃO et al., (1989) e em informações fornecidas por antigos funcionários da Flona.

Foram localizados cinco agrupamentos de *Maytenus ilicifolia* na Flona de Irati (Figura 3), em áreas marginais ao rio das Antas e afluentes, submetidas a diferentes níveis de inundações periódicas e de perturbações antrópicas. Todos os agrupamentos encontram-se contíguos ou nas áreas que foram perturbadas, para o plantio, em 1965, de *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp, apresentando regeneração da vegetação natural ao longo destes 40 anos.

Na área do agrupamento 1 o estrato arbóreo-arbustivo caracteriza-se pela presença marcante de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L.B.Smith & R.J. Downs (branquilho), que predomina em todos os estratos. Este agrupamento está situado a um afluente do rio das Antas (Figura 3), onde a altura da inundação atingiu 1,00 m, nas máximas pluviométricas.

A área do agrupamento 2 caracteriza-se pelo predomínio de *Sebastiania commersoniana* em todos os estratos. Este agrupamento está situado próximo a um afluente do rio das Antas (Figura 3), onde foram registradas inundações de até 1,20 m.

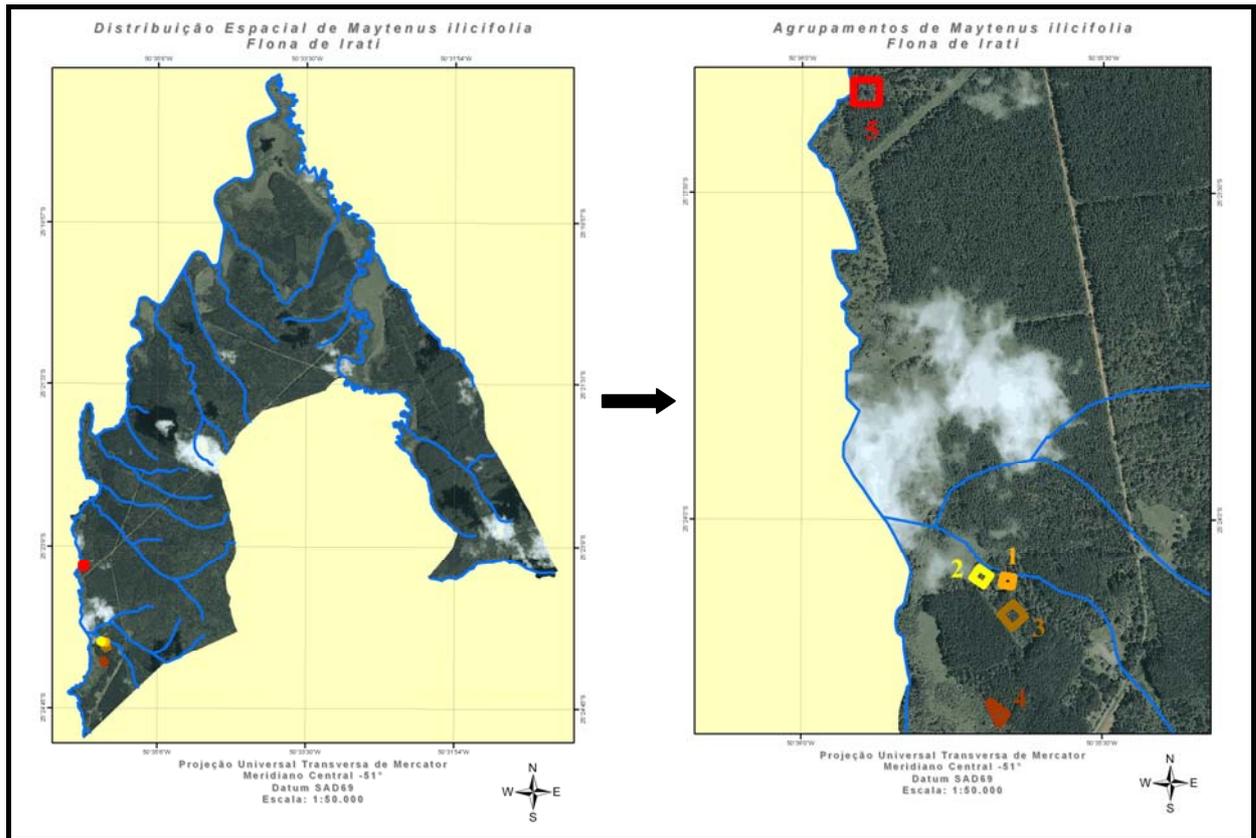


Figura 3: Localização dos agrupamentos de *Maytenus ilicifolia* na Flona de Irati - PR

O agrupamento 3 ocorre no sub-bosque de plantio de *Eucalyptus* spp, enquanto o agrupamento 4 encontra-se em plantio de *Pinus* spp. São áreas sem registros de inundação durante o período de desenvolvimento deste estudo, mais afastadas da rede de drenagem (Figura 3), em relação às demais.

O agrupamento 5 está em uma área caracterizada pela presença de *Parapiptadenia rigida* (monjoleiro), *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia) e (xaxim-com-espinho) (GALVÃO et al., 1989). Nesta área, muito próxima à margem direita do leito principal do rio das Antas (Figura 3), registraram-se inundações de até 1,45 m.

### 3.3.2. Análise dos dados

Para avaliar o “status” de plantas raras e priorizar os caminhos para a conservação, segundo Schemske et al. (1994), é preciso, primeiramente, identificar os estádios da história da vida mais críticos para o crescimento populacional. O crescimento ou declínio de uma população é determinado por suas taxas vitais, ou seja, nascimento, crescimento e morte (CASWELL, 1989). As interações ecológicas entre plantas e seus ambientes podem influenciar taxas de crescimento populacional, via seus efeitos sobre a fecundidade, crescimento e sobrevivência de indivíduos (SCHEMSKE et al., 1994).

A abordagem mais adequada para avaliar o status e possibilitar tanto a avaliação das trajetórias de crescimento populacional e a identificação dos estádios da história da vida que mais afetam o crescimento populacional envolve modelos de matrizes de projeção (CASWELL, 1989; SCHEMSKE et al., 1994). Este tipo de modelo requer: (1) entendimento da estrutura populacional para determinar classes para análise; (2) idade ou estágio da 1ª reprodução; (3) estimativas do sucesso reprodutivo (fecundidade), crescimento em tamanho e sobrevivência para diferentes idades ou estádios (BEISSINGER e WESTPHAL, 1998). A dinâmica populacional de espécies de plantas tem sido avaliada por meio de modelos demográficos determinísticos, formulados como um grupo de equações diferenciais empregadas na construção de matrizes (CASWELL, 1989), baseadas na estrutura do ciclo de vida da espécie.

Devido ao fato dos parâmetros demográficos em plantas serem determinados mais pelo estágio ou tamanho na história da vida do que por sua idade, o modelo baseado em estágio de Lefkovitch (1965) é mais apropriado para estudar a dinâmica de populações de plantas (CASWELL, 1989).

O modelo de matrizes começa com a classificação dos indivíduos, numa população, em categorias que refletem estádios relevantes da história da vida. Os indivíduos são permanentemente marcados e em cada censo anual, eles são classificados por estágio e sua produção reprodutiva é registrada. Para cada censo se obtém um gráfico do ciclo da vida, sintetizando todas as possíveis transições dentro e entre estádios.

O gráfico do ciclo de vida corresponde à matriz de transição  $A$  da população, segundo a equação:  $N(t+1) = A N(t)$

**MATRIZ DE TRANSIÇÃO (Lefkovitch, 1965; Caswell, 1989)**

$$\begin{array}{c}
 N_{t+1} \\
 \left[ \begin{array}{c} \text{JI} \\ \text{J} \\ \text{IM} \\ \text{AV} \\ \text{AR} \end{array} \right]
 \end{array}
 =
 \begin{array}{c}
 A \\
 \left[ \begin{array}{ccccc}
 a_{11} & a_{21} & a_{31} & a_{41} & a_{51} \\
 a_{12} & a_{22} & a_{32} & a_{42} & a_{52} \\
 a_{13} & a_{23} & a_{33} & a_{43} & a_{53} \\
 a_{14} & a_{24} & a_{34} & a_{44} & a_{54} \\
 a_{15} & a_{25} & a_{35} & a_{45} & a_{55}
 \end{array} \right]
 \end{array}
 \times
 \begin{array}{c}
 N_t \\
 \left[ \begin{array}{c} \text{JI} \\ \text{J} \\ \text{IM} \\ \text{AV} \\ \text{AR} \end{array} \right]
 \end{array}$$

Autovalor dominante  $\longrightarrow$  Taxa finita de aumento da população ( $\lambda$ )  
 Autovetor direito  $\longrightarrow$  Estrutura estável  
 Autovetor esquerdo  $\longrightarrow$  Valor reprodutivo

Figura 4: Modelo de matrizes de transição para cinco estádios de desenvolvimento – JI – jovem inicial; J – Jovem; IM – imaturos; AV – adulto vegetativo; AR – adulto reprodutivo.

Na Figura 4,  $\mathbf{N}$  é um vetor coluna cujos elementos  $n_i$  são os números de indivíduos em cada categoria (JI, J, IM, AR e AV) no tempo  $t$  ou  $t + 1$ ; e  $\mathbf{A}$  representa a matriz quadrada com probabilidades de transição entre categorias do ciclo de vida, denominada matriz de transição (CASWELL, 1989). O número de colunas e linhas da matriz  $\mathbf{A}$  é determinado pelo número de classes de estádios de desenvolvimento. O autovalor dominante da matriz é uma estimativa da taxa finita de aumento da população ( $\lambda$ ), enquanto os autovetores direito e esquerdo correspondem, respectivamente, à estrutura estável de idade e ao valor reprodutivo para cada classe de idade ou estágio (CASWELL, 1989). Valores de  $\lambda < 1$  indicam declínio populacional, valores de  $\lambda > 1$  indicam crescimento populacional e  $\lambda = 1$  indica estabilidade da população.

Nas matrizes, cada elemento  $a_{ij}$  representa a probabilidade de transição do estágio  $i$  para o estágio  $j$  no período de um ano. Os elementos na primeira linha representam a contribuição de cada estágio  $j$  para o estágio inicial JI, que no caso dos adultos, geralmente, é estimada pela divisão do número de ingressantes pela quantidade de adultos (fecundidade,  $a_{i1}$ , sendo  $i \neq 1$ ). Os elementos na diagonal principal ( $a_{ij}$ , sendo  $i = j$ ) representam a probabilidade de permanência no mesmo estágio (sobrevivência). Os elementos abaixo da diagonal principal ( $a_{ij}$ , sendo  $i < j$ ) representam a possibilidade de transição de um estágio para o(s) próximo(s) (crescimento), devido a aumento no tamanho, enquanto os elementos acima da diagonal principal ( $a_{ij}$ , sendo  $i > j$ ) representam a probabilidade de transição de um estágio para o(s) anterior(es) (crescimento), devido à redução no tamanho (CASWELL, 1989; FONSECA, 1998).

Matrizes de sensibilidade e elasticidade são formuladas por meio da matriz  $\mathbf{A}$ . Sensibilidades são medidas das mudanças que seriam induzidas no autovalor dominante (taxa finita de aumento) se um elemento particular da matriz fosse alterado numa quantidade muito pequena. Então, elas são índices da importância de mudanças infinitesimais em quaisquer dos

elementos da matriz de transição ( $a_{ij}$ ) (AKÇAKAYA, 2002). As elasticidades estimam os efeitos de uma mudança proporcional nas taxas vitais sobre  $\lambda$ , ou seja avalia a contribuição de cada uma das transições para o valor da autocorrelação dominante. A soma de todas as elasticidades em uma matriz é igual a unidade.

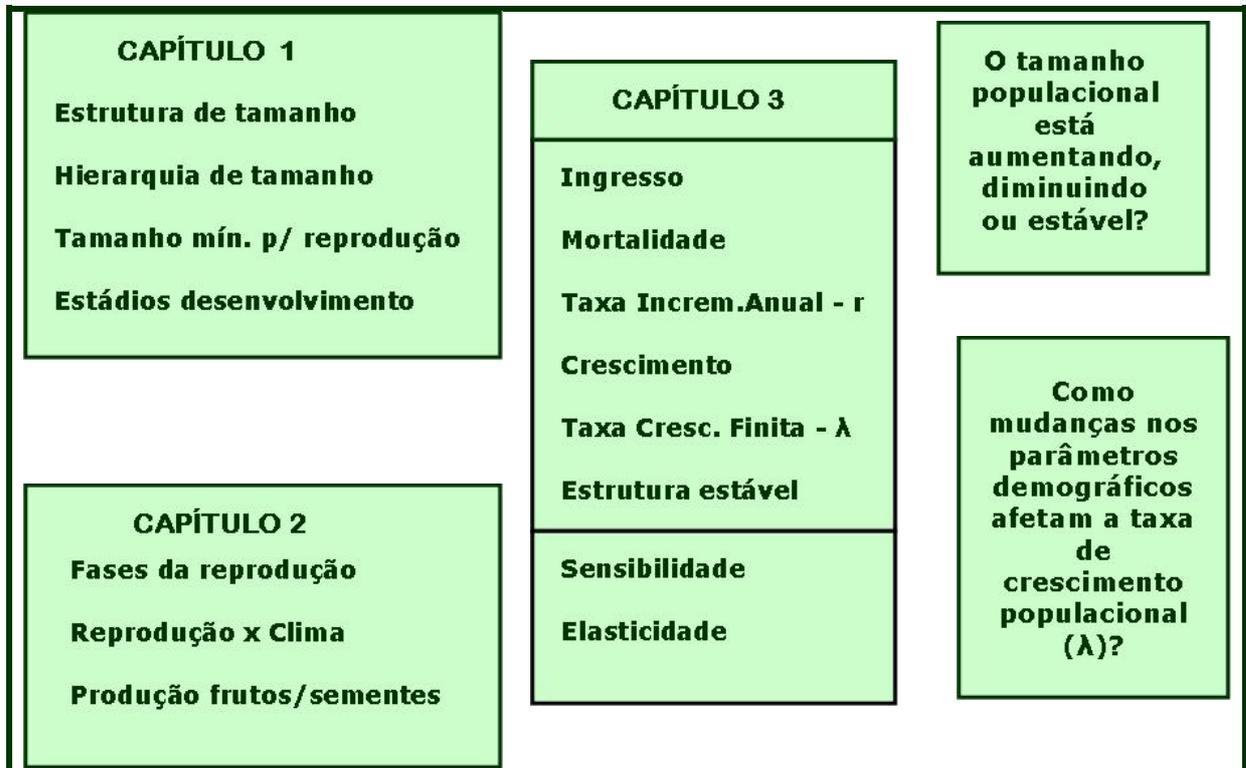
As duas questões mais relevantes para a conservação de plantas raras e ameaçadas, sugerida por Schemske et al. (1994), são: (1) sob certas condições, o tamanho populacional está aumentando, diminuindo ou estável? (2) Como uma mudança em cada parâmetro demográfico afeta a taxa de crescimento populacional?

Para responder a estas questões, este estudo foi dividido em três capítulos (Quadro 1). Os capítulos foram apresentados como trabalhos independentes, mas que se relacionam entre si, da seguinte maneira:

No primeiro capítulo, realizou-se o estudo da estrutura de tamanhos, avaliando as hierarquias de tamanhos de *M. ilicifolia*, em altura e diâmetro à altura do solo, nos cinco agrupamentos de ocorrência da espécie, na Floresta Nacional de Irati, no período de 2004 até 2006. A hierarquia de tamanhos foi avaliada por meio do Coeficiente de Gini, e as diferenças foram testadas pelo método Bootstrap com 1000 repetições, visando entender a distribuição de tamanhos dos indivíduos e sua variação em função do ambiente e no tempo. Neste estudo foi identificado o tamanho mínimo para a reprodução sexual na espécie e definidos os estádios de desenvolvimento, com seus limites, para permitir o estudo de dinâmica no terceiro capítulo.

No segundo capítulo se avaliou aspectos da reprodução sexual, por meio do estudo da fenologia de *M. ilicifolia*, para se compreender algumas características da reprodução ainda não abordadas por outros trabalhos na literatura, para a espécie em questão, como a influência dos fatores climáticos sobre a reprodução nas suas diferentes fases e, em especial, na produção de frutos e sementes, que afeta diretamente o ingresso de novos

indivíduos (recrutamento), informações fundamentais para embasar o modelo matricial utilizado na dinâmica no terceiro capítulo.



Quadro 1: Diagrama ilustrativo da estrutura em capítulos deste trabalho

No terceiro capítulo a dinâmica de *M. ilicifolia* foi avaliada por meio de um modelo demográfico determinístico. Utilizando-se, também, as informações dos capítulos anteriores, foram construídas matrizes de transição para cinco estádios de desenvolvimento, para estimar a taxa de crescimento finita da população ( $\lambda$ ), a estrutura estável e o valor reprodutivo, respondendo à primeira questão. As análises de sensibilidade e elasticidade foram utilizadas para responder a segunda questão.

#### 4. REFERÊNCIAS

ALÇAKAYA, H.R. **Ramas Gis: linking spatial data with population viability analysis** (versão 4.0). New York: Applied Biomathematics, 2002. 203p.

ALONSO, J. **Tratado de fitomedicina: bases clínicas y farmacológicas**. Buenos Aires: Isis, 1998.

BEISSINGER, S.R.; WESTPHAL, M. On the use of demographic models of population viability in endangered species management. **Journal of Wildlife Management**, v.62, n.3, p.821-841, 1995.

CARLINI, E.A. **Estudo da ação antiúlcera gástrica de plantas brasileiras: *Maytenus ilicifolia* (espinheira-santa) e outras**. Brasília: CEME/AFIP, 1988.

CARVALHO-OKANO, R. M. **Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol emend. Mol. (CELASTRACEAE) do Brasil extra-amazônico**. 1992. Tese (Doutorado em Botânica) Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Campinas, Campinas-SP.

CARVALHO-OKANO, R. M.; LEITÃO FILHO, H.F.G. 2004. O Gênero *Maytenus* Mol. Emend. Mol. (Celastraceae) no Brasil extra-amazônico. In: REIS, M.S.; SILVA, S.R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp. Espinheira Santa**. Brasília: IBAMA, 2004. p.11-51.

CASWELL, H. **Matrix population models: construction, analysis, and interpretation.** Sunderland: Sinauer Associates Inc., 1989. 328p.

CERVI, A. C.; PACIORNIK, E. F.; VIEIRA, R. F.; MARQUES, L. C. Espécies vegetais de um remanescente de floresta de araucária (Curitiba, Brasil): Estudo preliminar I. **Acta Biológica Paranaense**, v.18, p.73-114, 1989.

FONSECA, M.G. **Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arq. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP.** 1998. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas-SP.

FRANKEL, O.H.; SOULÉ, M.E. **Conservation and evolution.** Cambridge: Cambridge University Press, 1981. 327p.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; RODERJAN, C.V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. **Floresta**, v.19, p.30-49, 1989.

HAMANN, O. The joint IUCN-WWF plants conservation programme and its interest in medicinal plants. In: AKERELE, O.; HEYWOOD, V.; SYNGE, H. **Conservation of medicinal plants.** Cambridge: Cambridge University Press, 1991. p.13-22.

HAMILTON, A.C. Medicinal plants, conservation and livelihoods. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.1477-1517, 2004.

ITCF. **Plano de manejo:** Parque Estadual de Caxambu, Castro, PR. Curitiba: ITCF, 1985.

IUCN. THE WORLD CONSERVATION UNION. **Caring for the world: a strategy for sustainability.** Gland: IUCN, 1989.

KLEIN, R. M. Árvores nativas da Mata Pluvial da costa atlântica de Santa Catarina. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1968. **Contribuições e trabalhos apresentados e pareceres das comissões** 1968. p. 65-103.

LEFKOVITCH, L.P. The study of population growth in organisms grouped by stages. **Biometrika**, v.21, p.1-18, 1965.

MAZZA, C.A.S. **Caracterização ambiental da microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR.** 2006. 147p. Tese. (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

MENGES, E.S.; DOLAN, E.W. Demographic viability of populations of *Silene regia* in Midwestern prairies: relationship with fire management, genetic variation, geographic location, population size and isolation. **Journal of Ecology**, v.86, p.63-78, 1998.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Living Beyond Our Means Natural Assets and Human Well Being. 2006. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/>>. Acesso em: 30 mar.2006.

MING, L.C.; SILVA, S.M.P. ; SILVA, M.A.S.; HIDALGO, A.F. ; MARCHESE, J.A.; CHAVES, F.C.M. Manejo e cultivo de plantas medicinais: algumas reflexões sobre as perspectivas e necessidades no Brasil. In: COELHO, M.F.B.; COSTA JÚNIOR, P.; DPMBROSKI, J.L.D. (Org.). **Diversos olhares em Etnobiologia, Etnoecologia e Plantas Mediciniais**. 1 ed. Cuiabá: UNICEN Publicações, 2003. p. 149-156. v. 1.

MONTANARI, T.; BEVILACQUA, E. Effect of *Maytenus ilicifolia* Mart on pregnant mice. **Contraception**, v.65, n.2, p.171-175, 2002.

MONTANARI,T.; CARVALHO, J.; DOLDER, H. Effect of *Maytenus ilicifolia* Mart.ex. Reiss on spermatogenesis . **Contraception** v.57, n.5, p.335-339, 1998.

PFAB, M.F.; WITKOWSKI, E.T.F. A simple population viability analysis of the critically endangered *Euphorbia clivicola* R.A. Dyer under four management scenarios. **Biological Conservation**, v.96, p.263-270, 2000.

PARANÁ. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1995.

RADOMSKI, M.I.; PERECIN, M.B.; STEENBOCK, W. Aspectos ecológicos de espécies de espinheira-santa. In: REIS, M.S.; SILVA, S.R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp.** Espinheira Santa. Brasília: IBAMA, 2004. p.93-114.

ROSA, S.G.T. Caracterização das sementes de *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reiss, espinheira santa e viabilidade de sua propagação sexuada. In: Ming, L.C.; Scheffer, M.C.; Corrêa Junior, C.; Barros, I.B.I. de; Mattos, J.K.de A (eds.). **Plantas medicinais aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, 1998. p. 33-52. v.2.

SCHEMSKE, D.W.; HUSBAND, B.C., RUCKELSHAUS, M.H.; GOODWILLIE, C.; PARKER, I.M.; BISHOP, J.G. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. **Ecology**, v.75, n.3, p.584-606, 1994.

SMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2004. **Resolução SMA48**, de 21/9/04. Disponível em <[http://www.ibot.sp.gov.br/resolucao\\_sma48/resolucao48.htm](http://www.ibot.sp.gov.br/resolucao_sma48/resolucao48.htm)>. Acesso em: 31 out.2005.

SHIROTA, O.; MORITA, H.; TAKEYA, K.; ITOKAWA, H.; IITAKA, Y. Cytotoxic aromatic triterpenes from *Maytenus ilicifolia* and *Maytenus chuchuhuasca*. **Journal of Natural Products**, v.57, n.12, p.1675-1681, 1994.

SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; PISANTY, I.; MENDOZA, A. Comparative plant demography – relative importance life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. **Journal of Ecology**, v.81, p.465-476, 1993.

SIMÕES, C.M.O; MENTZ, L.A; IRGANG, B.E.; STEHMANN, J.R. **Plantas da medicina popular do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1988.

SOULÉ, M.E. **Viable populations for conservation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 187p.

STEENBOCK, W. **Fundamentos para o manejo de populações naturais de espinheira-santa, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae)**. 2003. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

TESKE, M.; TRENTINI, A.M.M. **Herbarium Compêndio de Fitoterapia**. Curitiba: Herbarium Laboratório Botânico, 1994.

VIEIRA, R. F.; SILVA, S.R.; ALVES, R. DE B. DAS N.; SILVA, D.B. DA; WETZEL, M.M. DA S.; DIAS, T.A.B.; UDRY, M.C.; MARTINS, R.C. (Eds.). **Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas: resultados da 1<sup>a</sup>. reunião técnica**. Brasília: Embrapa/ IBAMA/ CNPq, 2002.

WRI. WORLD RESOURCES INSTITUTE. **A estratégia global da biodiversidade**. Fundação Curitiba: O Boticário de Proteção à natureza, 1992.

**5. CAPÍTULO 1 – ESTRUTURA DE TAMANHO DE *Maytenus ilicifolia* Mart. ex  
Reiss. (CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI – PR**

## 5.1. RESUMO

A estrutura de tamanho de *Maytenus ilicifolia* foi estudada em três épocas, em cinco agrupamentos localizados em áreas com diferentes fitofisionomias, níveis de alagamento e históricos de perturbação antrópica, na Floresta Nacional de Irati, PR. Nos agrupamentos e nas três épocas, todos os indivíduos da espécie foram medidos em altura e diâmetro do caule à altura do solo (DAS). As medidas foram usadas para analisar a distribuição de tamanho, em histogramas e por meio do Coeficiente Gini. Foram definidas onze classes, com intervalo de 0,50m de altura e 0,50cm de DAS. Os resultados deste estudo mostraram que o florescimento ocorreu a partir da terceira classe de altura (1,00-1,50m) e da segunda classe de DAS (0,50-1,00cm). Foram evidenciados dois padrões de estrutura de tamanho nos agrupamentos, formando dois grupos distintos, sugerindo haver uma associação com os níveis de alagamento das áreas. Cinco estádios de desenvolvimento foram caracterizados para a espécie em estudo.

## 5.2. INTRODUÇÃO

O estudo da estrutura de uma população descreve a distribuição dos indivíduos segundo uma determinada variável ou seja, o número de indivíduos em diferentes tamanhos, idades, classes de desenvolvimento e outros parâmetros (SILVERTOWN e DOUST, 1993). As estruturas identificadas nas populações de plantas resultam da ação de forças bióticas e abióticas sobre cada um de seus membros e, em muitos casos, sobre seus ancestrais, no passado (HUTCHINGS, 1998).

As populações variam nas suas proporções de indivíduos jovens e adultos, cujas idades podem ser descritas em unidades de tempo (semanas, meses ou anos) ou em classes de idade qualitativas ou estádios de desenvolvimento, tais como plântulas, jovens, subadultos e adultos. As proporções de indivíduos pertencentes aos vários grupos de idade são referidas, geralmente, como estrutura (ou distribuição) de idade da população (BROWER e ZAR, 1984). A estrutura de idade de uma população reflete oportunidades passadas de recrutamento e riscos de mortalidade (HUTCHINGS, 1998) nos quais cada indivíduo recrutado esteve subsequentemente exposto.

Nas populações de plantas, muitos aspectos estão associados ao tamanho dos indivíduos, expresso como altura, diâmetro, peso ou outras características, as quais variam muito de planta para planta. A distribuição destas variáveis na população é referida como estrutura de tamanho da população. Hutchings (1998) incluiu estas distribuições, juntamente com “fitness”, no que denominou de “estrutura de desempenho” da população, definindo como uma expressão das oportunidades para crescimento realizado por cada membro da população no curso do seu desenvolvimento. A população, geralmente, desenvolve uma acentuada “hierarquia de tamanho”, com um pequeno número de plantas grandes, as quais contribuem para a maioria da biomassa da população (WEINER e SOLBRIG, 1984), e muitas

plantas pequenas. Vários fatores promovem variação no tamanho dos indivíduos e influenciam a hierarquia de tamanhos na população, destacando-se: variação no tamanho da semente e, conseqüentemente, no tamanho das plântulas; a taxa relativa de crescimento, determinada geneticamente; competição entre plantas; variações climáticas e ambientais; impactos antrópicos; e herbivoria (HOFFMANN, 1996; HUTCHING, 1998).

A estrutura de tamanhos da população de uma espécie em uma determinada área pode variar em diferentes épocas, devido a recrutamentos episódicos, abertura natural do dossel e alagamentos afetando a sobrevivência (CLARK e CLARK, 1987; PIMENTA, 1998). Uma mesma espécie pode apresentar diferenças na estrutura de tamanho em diferentes formações (RAMIREZ e ARROYO 1990) e entre sítios dentro de uma mesma formação (MILTON et al., 1993; OLMSTED e ALVAREZ-BUYLLA, 1995; WEST, 1995; FONSECA, 2001; MIRANDA-MELO, 2004).

A estrutura de populações tem sido utilizada como indicativo dos padrões de regeneração, na classificação de espécies em grupos ecológicos (CLARK, 1994) e no entendimento dos fatores que afetam o crescimento e a dinâmica das populações de plantas (BROWER e ZAR, 1984).

Este estudo avaliou a estrutura de tamanho de *Maytenus ilicifolia*, em três épocas distintas, em fragmentos com diferentes fitofisionomias, níveis de alagamento e históricos de perturbação antrópica, na Floresta Nacional de Irati.

### 5.3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Floresta Nacional de Irati (Flona de Irati), uma Unidade de Conservação Federal de Utilização Sustentável, criada como Parque Florestal, em 1946, e transformada em Flona em 1968. A Flona de Irati, com 3618,21 ha, está situada nos Municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares (Figura 1), na coordenada 25°21' de latitude sul e 50°35' de longitude oeste, tendo como limite os municípios de Imbituva e Irati, no Segundo Planalto Paranaense, Microrregião Colonial de Irati (MAZZA, 2006). Esta região está inserida na bacia do rio Tibagi, na área do Domínio da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), floresta tipicamente dominada pela espécie *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná; pinheiro-brasileiro), que ocupa o extrato superior nas áreas naturais (GALVÃO et al., 1989). Segundo Köppen, o clima regional é do tipo Cfb - Subtropical Úmido Mesotérmico, caracterizado por verões frescos, geadas severas e freqüentes e sem estação seca.

#### Coleta de dados

Neste estudo de estrutura de tamanho, foram incluídos cinco agrupamentos de *M. ilicifolia* localizados em meandros abandonados ou marginais ao rio das Antas e adjacências, submetidas a diferentes níveis de inundações periódicas e de perturbações antrópicas. Todos os agrupamentos encontram-se contíguos ou nas áreas que foram

perturbadas, para o plantio, em 1965, de *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp, apresentando regeneração da vegetação natural ao longo destes 40 anos.

Nas áreas dos agrupamentos 1 e 2, o estrato arbóreo-arbustivo caracteriza-se pela presença marcante de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L.B.Smith & R.J. Downs (branquilho), que predomina em todos os estratos e as alturas das inundações alcançaram 1,00 m e 1,20m, respectivamente. Os agrupamentos 3 e 4 encontram-se em área de plantio de *Eucalyptus* spp e *Pinus* spp, respectivamente, onde não ocorreram registros de inundações durante o período deste estudo. A área do agrupamento 5 é caracterizada por *Parapiptadenia rigida* (monjoleiro), *Nectandra megapotamica* (canela-imbuia) e *Dicksonia sellowiana* (xaxim-com-espinho) (GALVÃO et al., 1990), com registro de inundações de até 1,45m.

Em cada agrupamento localizado na Floresta Nacional de Irati, no período entre julho e setembro de 2003, todos os indivíduos de *M. ilicifolia* foram identificados. Anualmente, durante o mês de janeiro, em 2004 ( $t_0$ ), 2005( $t_1$ ) e 2006 ( $t_2$ ), as seguintes informações foram registradas: altura, diâmetro à altura do peito (DAP) e diâmetro do caule à altura do solo (DAS). Em 2005 e 2006, também em janeiro, os novos indivíduos (ingressos) foram identificados, marcados e medidos. A medição do DAP foi feita somente nos indivíduos maiores ou iguais a 1,5m de altura. A altura, correspondendo ao comprimento total do indivíduo, foi obtida por meio de uma trena de 5 metros, para os indivíduos até 1 metro de altura e, para os maiores, utilizou-se uma régua retrátil de 13 metros de comprimento. Os diâmetros (DAS) dos indivíduos menores que 1,0m de altura foram medidos com um paquímetro e dos maiores (DAS e DAP) com uma “suta” (equivalente a um paquímetro, apropriado para medir diâmetro em árvores de até 30cm). O estado de cada indivíduo (normal, parcialmente seco, totalmente seco ou dormente, morto e quebrado) foi, também, registrado. A presença ou ausência de flores/frutos foi observada em todos os indivíduos, de julho de 2003 a março de 2005. Em fevereiro de 2005 foi feito o acompanhamento dos

ingressos, via semente, referentes ao período reprodutivo de julho/2004 a fevereiro de 2005 para auxiliar na caracterização dos estádios de desenvolvimento.

### Análise dos dados

A estrutura, neste estudo, foi analisada por meio do tamanho dos indivíduos, considerando duas variáveis: altura e diâmetro do caule à altura do solo (DAS).

O número de classes foi definido com o auxílio da fórmula de Yule ( $2,5 * n^{1/4}$ ) e da fórmula:  $1 + 3,3 \log n$ , sendo  $n$  o tamanho da amostra. Foram, então, definidas onze classes de altura (m) e onze classes de DAS (cm), com o mesmo intervalo [0,50], respeitando-se as respectivas unidades:  $0 < \text{Classe1} \leq 0,50$ ;  $0,50 < \text{classe2} \leq 1,00$ ;  $1,00 < \text{classe3} \leq 1,50$ ;  $1,50 < \text{classe4} \leq 2,00$ ;  $2,00 < \text{classe5} \leq 2,50$ ;  $2,50 < \text{classe6} \leq 3,00$ ;  $3,00 < \text{classe7} \leq 3,50$ ;  $3,50 < \text{classe8} \leq 4,00$ ;  $4,00 < \text{classe9} \leq 4,50$ ;  $4,50 < \text{classe10} \leq 5,00$ ; e  $\text{classe11} > 5,00$ .

Para cada classe de tamanho foi calculada a média, mediana e valores mínimos e máximos e construídos histogramas da distribuição de frequência relativa de indivíduos (%), tanto para altura e DAS, em cada agrupamento e no conjunto de todos os agrupamentos (total), nas três datas de avaliação: 2004 ( $t_0$ ), 2005 ( $t_1$ ) e 2006 ( $t_2$ ).

O tamanho dos indivíduos em cada agrupamento foi avaliado em cada período ( $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ ), utilizando-se diagramas de caixa (box-plot), tanto para altura como para DAS, por meio do programa R. Nos diagramas de caixa, cada retângulo compreende 50 % dos dados, o maior estreitamento da caixa representa a mediana e a região estreita ao redor da mediana é o seu intervalo de confiança (MIRANDA-MELO, 2004). A linha horizontal superior indica o limite superior do terceiro quartil (75%) e a linha inferior o do primeiro quartil (25%), as linhas verticais indicam os valores mínimos e máximos, os círculos os

valores extremos. Se os intervalos de confiança de distribuições diferentes não se sobrepõem, significa que as medianas diferem ao nível de significância de 5%.

A hierarquia de tamanhos foi avaliada separadamente para cada variável (altura e DAS), por meio do Coeficiente de Gini (HUTCHING, 1997; WEINER e SOLBRIG 1984), em cada agrupamento entre anos distintos ( $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ ) e entre agrupamentos em um mesmo ano. O Coeficiente de Gini mede a desigualdade de tamanhos dos indivíduos na população e varia de zero a um: valores próximos a zero indicam baixa hierarquização de tamanho (tamanhos similares entre os indivíduos na população), enquanto valores próximos à unidade indicam alta hierarquização de tamanhos (máximo de desigualdade de tamanhos nos indivíduos na população) (WEINER e SOLBRING 1984). Utilizou-se o teste de Bootstrap com 1000 repetições para verificar diferenças entre agrupamentos e tempo ( $p < 0,05$ ). Estas análises foram efetuadas no programa WINGINI versão 1.0 (SANTOS 1996).

#### Tamanho x florescimento

A percentagem de indivíduos em florescimento foi calculada para cada classe de tamanho, considerando a variável altura e DAS, separadamente, para o conjunto de agrupamentos em  $t_0$ . Foram construídos histogramas.

#### Caracterização dos estádios de desenvolvimento

A classificação dos estádios de desenvolvimento foi baseada na presença ou ausência de estruturas morfológicas, como cotilédones e flores, e, também, no tamanho em altura e DAS.

## 5.4. RESULTADOS

No agrupamento 1 foram identificados, em 2004 ( $t_0$ ), 230 indivíduos da espécie em estudo, de altura variando entre 0,05 e 7,60m, com média de 1,82m, e DAS entre 0,07 e 6,60cm, e média igual a 1,74cm (Tabela 1 e Figura 3). Destes indivíduos, 25,22% atingiram até 0,5m de altura e 20,43% tinham até 0,5cm de DAS (Figura 1) e 50% mediram até 1,52m de altura e 1,28cm de DAS (valores das medianas) (Figura 3).

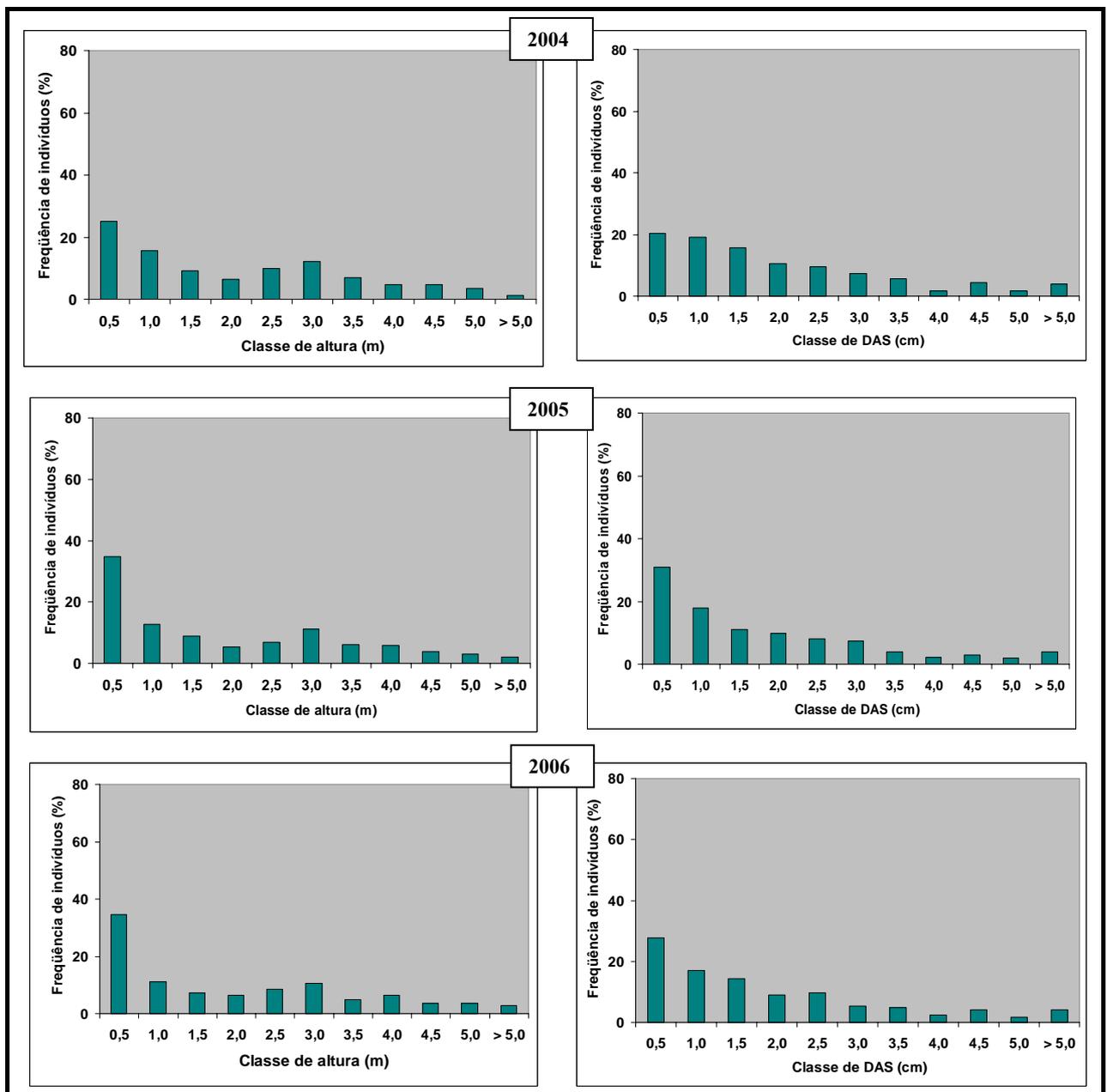


Figura 1: Frequência de indivíduos (%) de *M. ilicifolia* no Agrupamento 1

Em 2005 ( $t_1$ ), foram contados 262 indivíduos, com altura média de 1,66m e mediana de 1,13m, apresentando média e mediana no DAS de 1,55cm e 1,07cm, respectivamente (Tabela 1 e Figura 3). Ocorreu um aumento na frequência de indivíduos medindo até 0,5m (34,73%) e até 0,5cm de DAS (30,92%) (Figura 1). Em 2006 ( $t_2$ ), foram observados 246 indivíduos, com média de 1,75m e mediana de 1,32m para altura e valor médio e mediano de DAS, respectivamente, de 1,65cm e 1,18cm (Figura 3). A frequência relativa dos indivíduos medindo até 0,5m de altura foi de 34,55% e apresentando até 0,5cm no DAS de 27,64% (Figura 1).

Tabela 1: Número de indivíduos, média, mediana e desvio padrão para altura (cm) e DAS (cm) nos agrupamentos de *Maytenus ilicifolia* na Flona de Irati – PR.

Agrupamento	Ano	N	Altura (m)			DAS (cm)		
			Média	Mediana	Desvio padrão	Média	Mediana	Desvio padrão
1	$t_0$	230	1,82	1,52	1,46	1,74	1,28	1,45
	$t_1$	262	1,66	1,13	1,54	1,55	1,07	1,48
	$t_2$	246	1,75	1,32	1,60	1,65	1,18	1,57
2	$t_0$	208	1,58	1,49	1,10	1,28	1,16	0,85
	$t_1$	224	1,50	1,46	1,17	1,21	1,05	0,92
	$t_2$	232	1,36	1,21	1,23	1,07	0,91	0,93
3	$t_0$	73	1,18	0,32	1,37	1,17	0,42	1,32
	$t_1$	78	1,16	0,32	1,45	1,20	0,45	1,37
	$t_2$	75	1,22	0,31	1,49	1,24	0,59	1,37
4	$t_0$	248	0,68	0,31	0,78	0,70	0,36	0,83
	$t_1$	251	0,71	0,33	0,78	0,74	0,36	0,84
	$t_2$	227	0,78	0,39	0,86	0,81	0,47	0,85
5	$t_0$	31	1,20	0,94	1,52	1,70	0,86	3,36
	$t_1$	42	0,93	0,37	1,18	1,29	0,30	2,71
	$t_2$	26	1,48	1,11	1,45	1,94	0,97	3,11
Total	$t_0$	790	1,32	0,91	1,27	1,24	0,85	1,33
	$t_1$	857	1,26	0,72	1,29	1,18	0,75	1,31
	$t_2$	806	1,30	0,76	1,35	1,22	0,79	1,34

O agrupamento 2 continha, inicialmente ( $t_0$ ), 208 indivíduos de *M. ilicifolia*, entre 0,06 e 5,25m de altura, com valores médios de 1,58m e medianos igual a 1,49m, e DAS entre 0,11 e 4,79cm, com média de 1,28cm e mediana igual a 1,16cm (Tabela 1 e Figura 3). Portanto, 50% dos indivíduos mediam até 1,49m em altura e 1,16cm em DAS. Indivíduos medindo até 0,5m de altura representavam 22,12% e aqueles com DAS até 0,5cm abrangiam 20,67% (Figura 2) do número total no grupo.

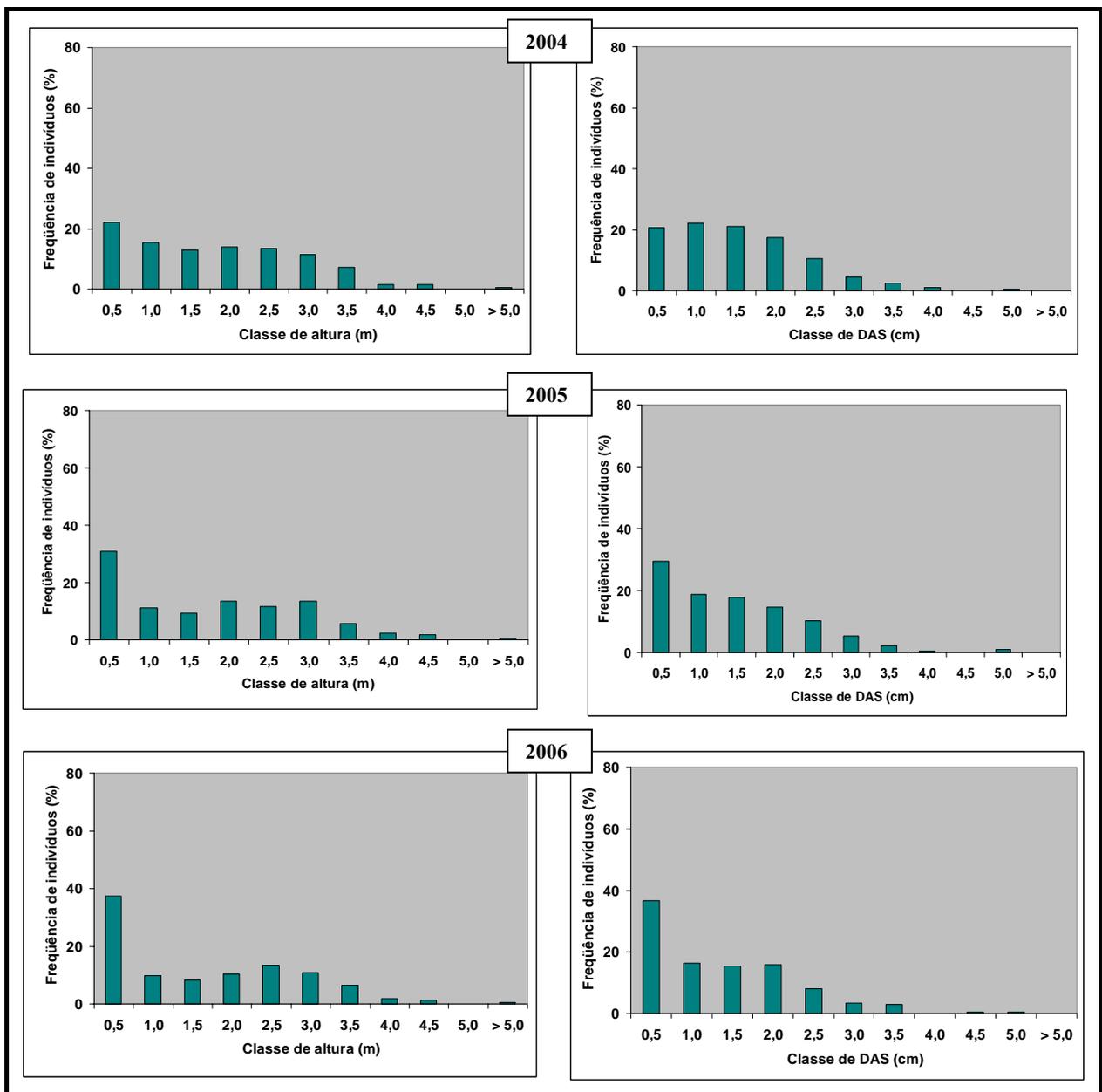


Figura 2: Frequência de indivíduos (%) de *M. ilicifolia* no Agrupamento 2

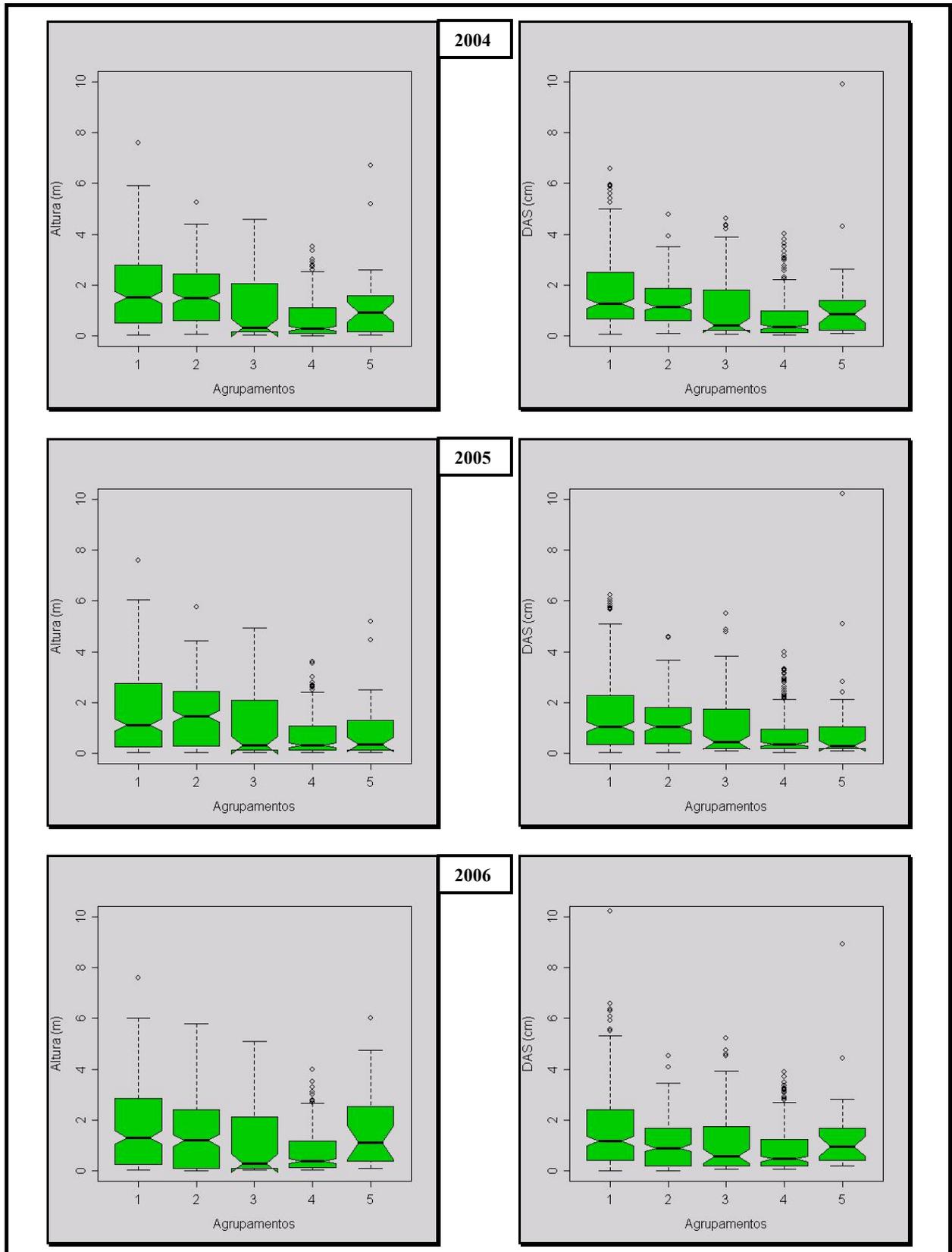


Figura 3: Box-plot de altura (m) e DAS (cm) de *M. ilicifolia* nos agrupamentos 1, 2, 3, 4 e 5 na Floresta Nacional de Irati, em 2004 ( $t_0$ ), 2005 ( $t_1$ ) e 2006 ( $t_2$ ).

No ano seguinte ( $t_1$ ), no agrupamento 2, foram encontrados 224 plantas, com valores de média de 1,50m e mediana de 1,46m na variável altura, e DAS com média de 1,21cm e mediana de 1,05cm (Tabela 1 e Figura 3). No próximo ano ( $t_2$ ), havia 232 plantas com altura média de 1,36m e mediana de 1,21m, apresentando valores médios de DAS de 1,07cm e mediana de 0,91cm (Tabela 1 e Figura 3). As proporções de indivíduos com altura até 0,5m e DAS até 0,5cm foram de 30,80% e 29,46%, em  $t_1$ , e de 37,50% e 36,64%, em  $t_2$ , respectivamente (Figura 2).

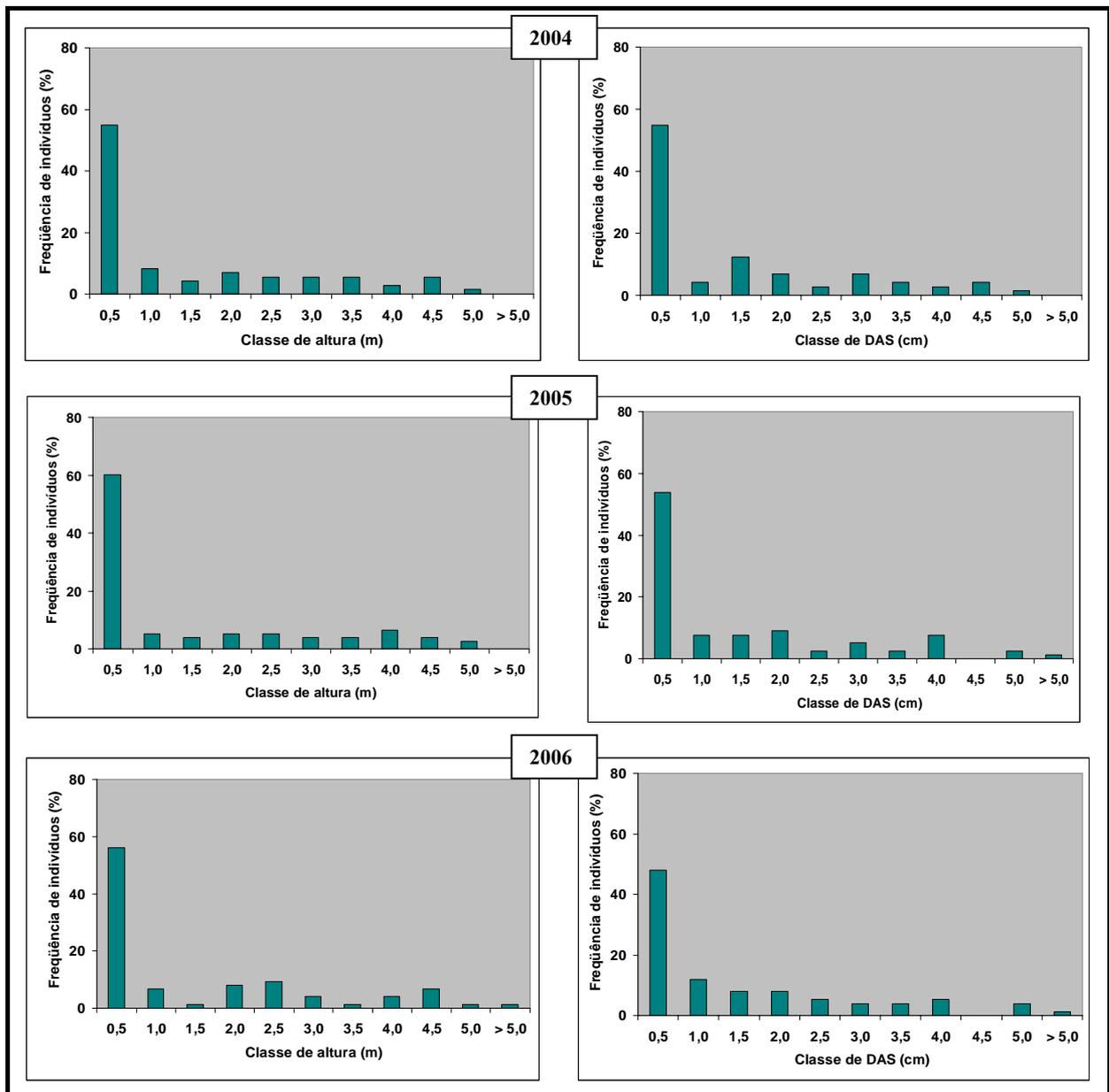


Figura 4: Frequência de indivíduos (%) de *M. ilicifolia* no Agrupamento 3

Formando o agrupamento 3, em 2004 ( $t_0$ ), havia 73 indivíduos da espécie avaliada, com altura entre 0,05 e 4,60m, com média de 1,18m e DAS entre 0,07 e 4,61cm, com média de 1,17cm (Tabela 1). Metade dos indivíduos apresentou altura até 0,32m e DAS de até 0,42cm (valores das respectivas medianas) e a proporção de indivíduos com altura até 0,5m e DAS de até 0,5cm foi igual a 54,79% (Figuras 3 e 4). Em 2005 ( $t_1$ ), havia 78 indivíduos (Tabela 1) e a frequência na primeira classe de altura passou a 60,26%, enquanto no DAS foi de 53,84% (Figura 4), mas as médias e as medianas, nas duas variáveis sob avaliação, permaneceram praticamente as mesmas (Tabela 1 e Figura 3). Em 2006 ( $t_2$ ), com 75 indivíduos, a média foi de 1,22m e a mediana igual a 0,31m para altura e o DAS médio de 1,24cm com mediana igual a 0,59cm (Tabela 1 e Figura 3). No mesmo período, a proporção de indivíduos com altura até 0,5m foi de 56,00% e aqueles com 0,5cm de DAS representavam 48,00% do agrupamento (Figura 4).

O agrupamento 4, de *M. ilicifolia*, no primeiro ano ( $t_0$ ), era composto de 248 indivíduos, variando de 0,02 até 3,5m, com média de 0,68m e mediana de 0,31m de altura e DAS entre 0,03 e 4,03cm, com média de 0,70cm e mediana igual a 0,36 (Tabela 1 e Figura 3). Indivíduos medindo até 0,5m de altura e 0,5cm de DAS representavam 61,29% do total deste agrupamento (Figura 5). No segundo ano ( $t_1$ ), havia 251 indivíduos apresentando valores médios de 0,71m e medianos de 0,33m para altura, com média de 0,74cm e mediana igual a 0,36cm no DAS (Tabela 1 e Figura 3). Indivíduos com até 0,5m de altura representavam 59,76% e com até 0,5cm de DAS, 59,36% do total do agrupamento (Figura 5). No terceiro ano ( $t_2$ ), foram contados 227 indivíduos, com média e mediana em altura de 0,78m e 0,39m, respectivamente, mostrando média da variável DAS de 0,81cm e mediana igual a 0,47 (Tabela 1 e Figura 3). A frequência de indivíduos medindo até 0,5m de altura foi de 57,27% e até 0,5cm de DAS de 53,30% do número total neste agrupamento (Figura 5).

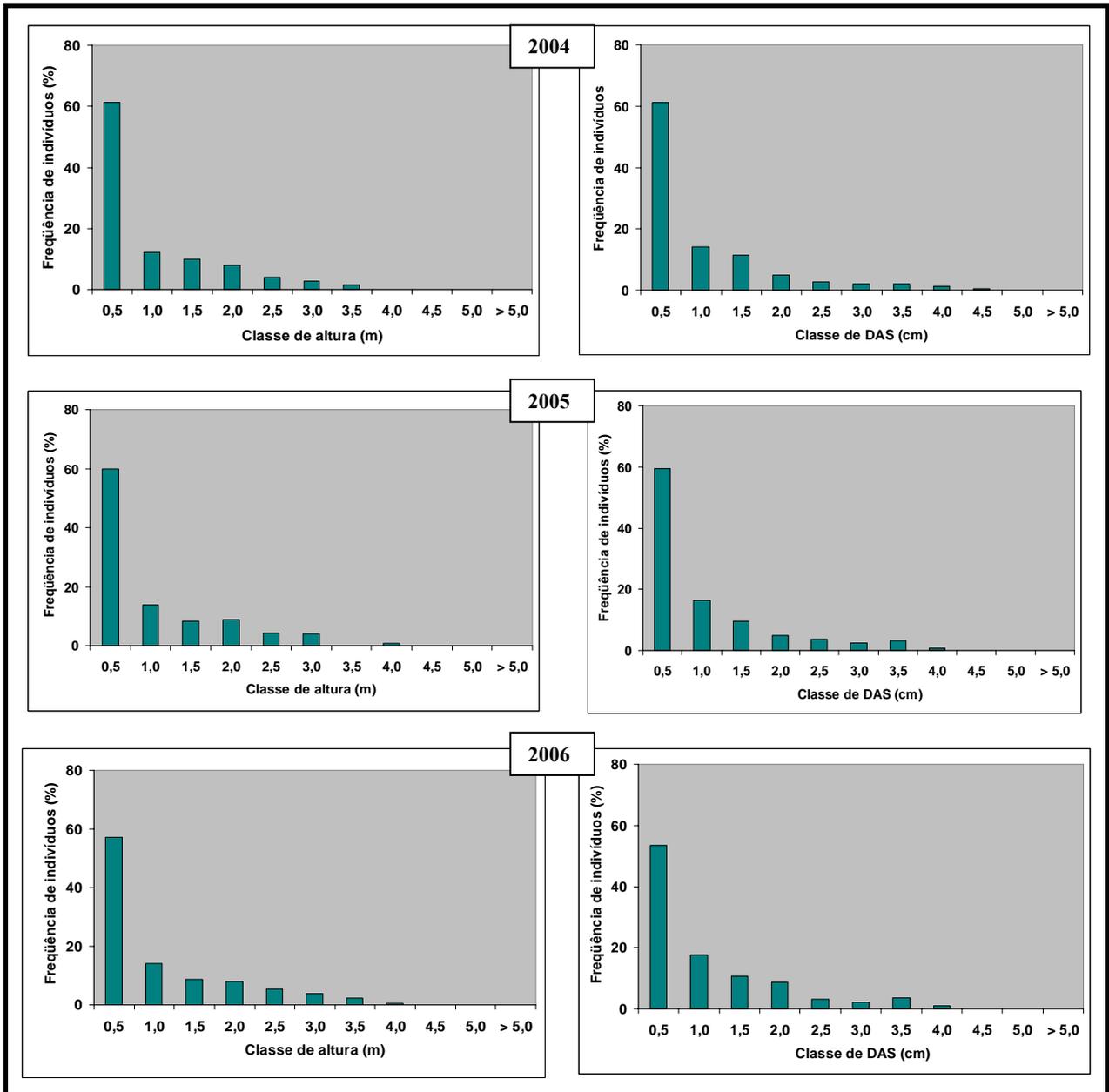


Figura 5: Frequência de indivíduos (%) de *M. ilicifolia* no Agrupamento 4

No agrupamento 5, constituído por 31 indivíduos da espécie sob estudo, em 2004 ( $t_0$ ), a altura variou de 0,05 até 6,70m, apresentando média igual a 1,20m e mediana igual a 0,94m, e o DAS de 0,11 até 16,80cm, média de 1,70cm e mediana de 0,86cm (Tabela 1 e Figura 3). No ano seguinte, havia 42 indivíduos com média de 0,97m e mediana de 0,37m, em altura, apresentando DAS médio de 1,29cm e mediana de 0,30cm. Em 2006, havia 26 indivíduos no grupo, registrando-se um valor médio de 1,48m e mediana igual 1,11m para

altura e média de 1,94cm e mediana de 0,97cm para o DAS. Indivíduos medindo até 0,5m de altura representaram 45,16% do total em 2004 ( $t_0$ ), 57,14% em 2005 ( $t_1$ ) e 30,77% em 2006 ( $t_2$ ), enquanto aqueles medindo até 0,5cm de DAS constituíram 48,39%, 59,52% e 34,62%, nos mesmos períodos, respectivamente (Figura 6).

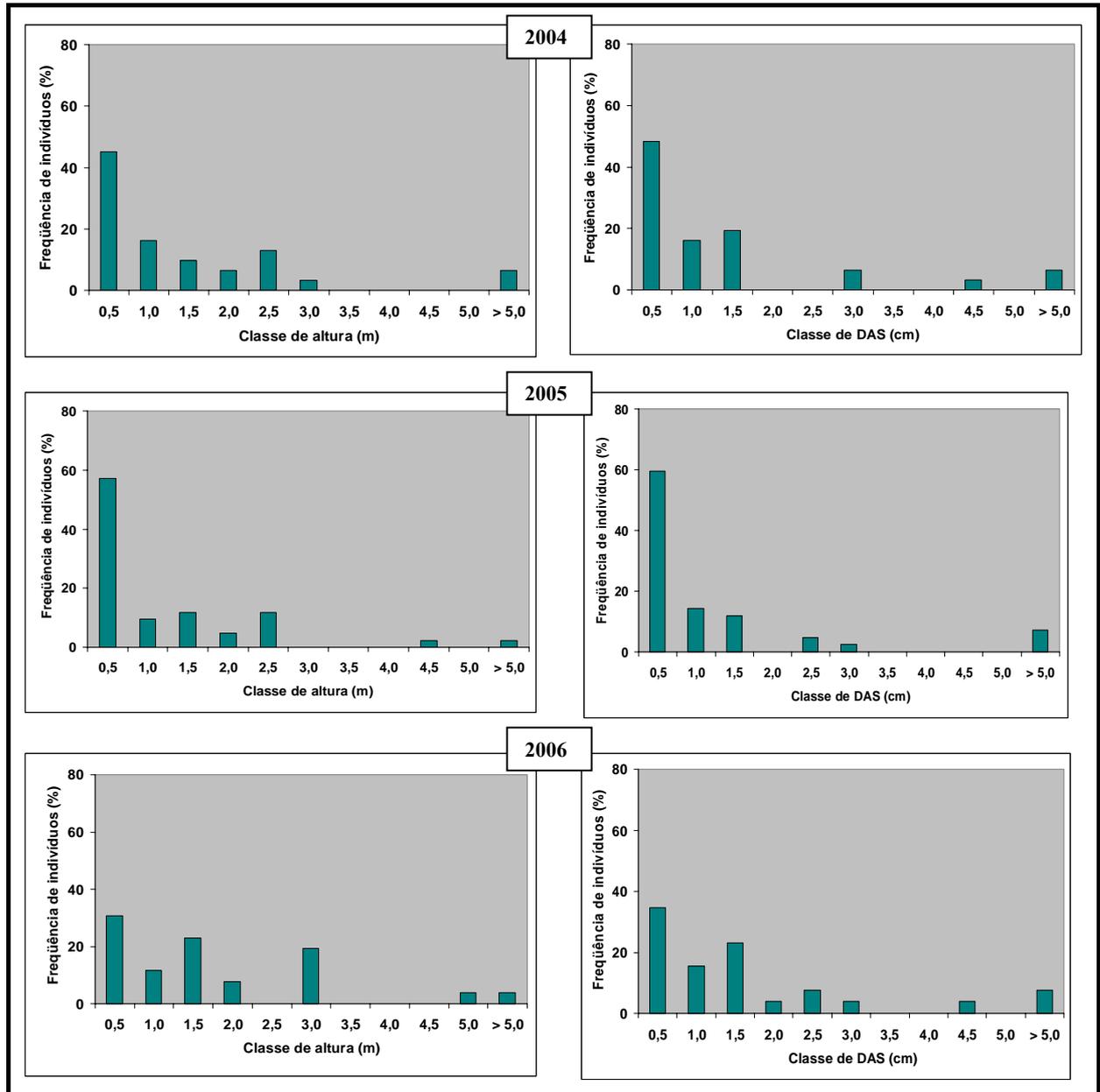


Figura 6: Frequência de indivíduos (%) de *M. ilicifolia* no Agrupamento 5

No conjunto, em 2004 ( $t_0$ ), todos os agrupamentos incluíam 790 plantas de *M. ilicifolia*, de altura média igual a 1,32m e mediana igual a 0,91m, com DAS médio de 1,24cm e mediana igual a 0,85cm (Tabela 1 e Figura 3).

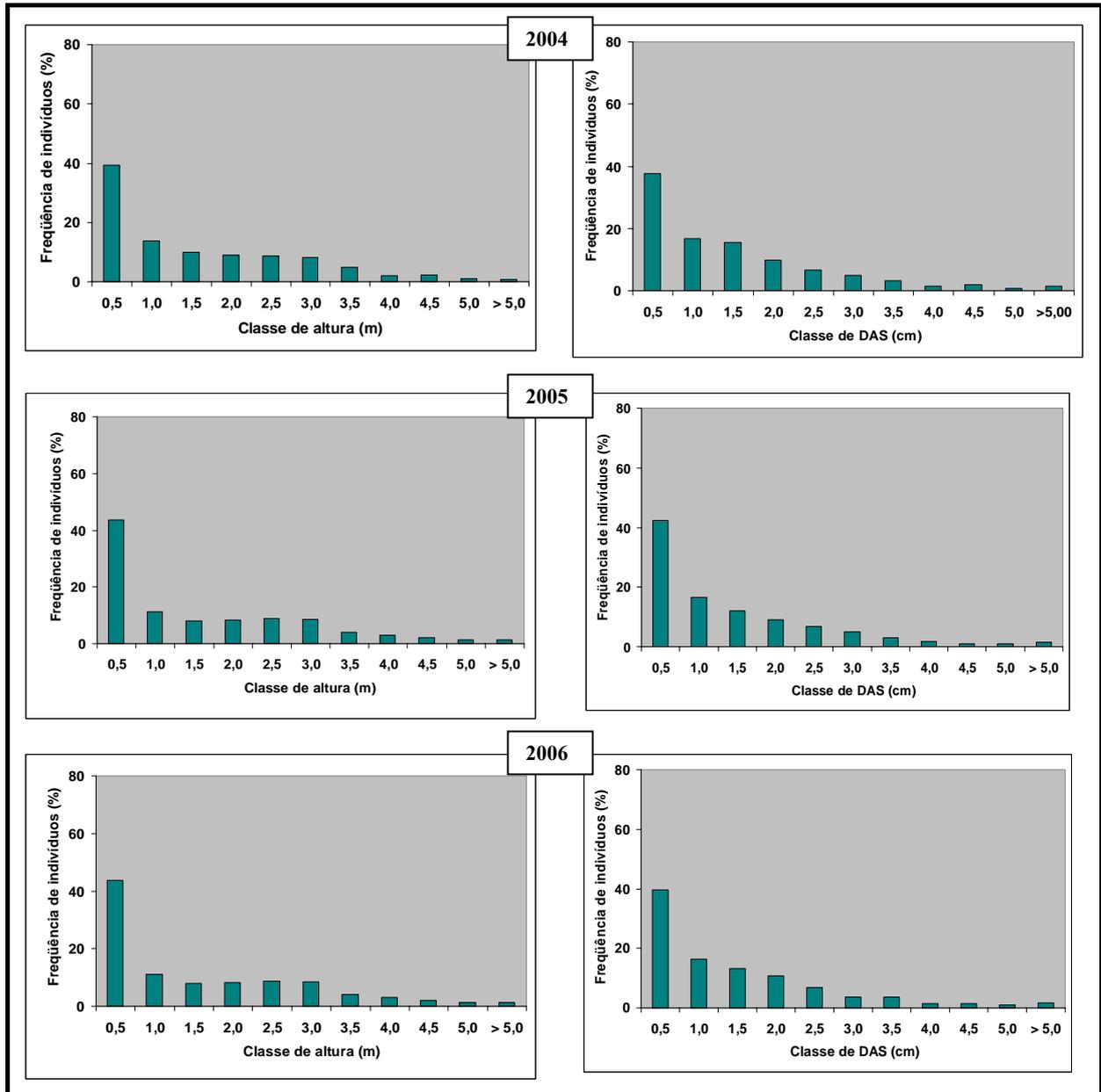


Figura 7: Frequência de indivíduos (%) de *M. ilicifolia* no conjunto de todos os agrupamentos

Os indivíduos medindo até 0,5m de altura representavam 39,24% e até 0,50cm de DAS, 37,59% do total (Figura 7). Um ano após ( $t_1$ ), o conjunto dos agrupamentos passou a conter 857 indivíduos, com altura média de 1,26m e mediana igual a 0,72m, apresentando valor médio de DAS igual a 1,18cm e mediana de 0,75cm (Tabela 1 e Figura 3). A proporção de indivíduos medindo até 0,5m foi de 44,46% e com DAS de até 0,5cm de 42,36% (Figura 7). No ano seguinte ( $t_2$ ), ocorreu uma redução para 806 indivíduos (Tabela 1), apresentando altura média de 1,30m e mediana de 0,76m, mas a frequência de indivíduos até 0,5m de manteve-se praticamente a mesma (43,67%) (Figura 7).

Considerando a variável altura (Tabela 2), observa-se que no primeiro período ( $t_0$ ), os agrupamentos 3 (Gini = 0,593), 5 (Gini = 0,581) e 4 (Gini = 0,576) foram os mais hierarquizados quanto à altura (maior desigualdade de tamanho dos indivíduos), não havendo, entretanto, diferença estatística entre eles ( $p < 0,05$ ). O agrupamento 3 destacou-se como o mais hierarquizado em  $t_1$  (Gini = 0,622) e em  $t_2$  (Gini = 0,619), comparativamente com os outros agrupamentos nos respectivos períodos. Os menos hierarquizados ( $p < 0,05$ ), em todos os períodos avaliados, foram os agrupamentos 1 e 2, quando comparados aos demais agrupamentos.

Na avaliação da hierarquia para altura no tempo (Tabela 2), dentro de cada agrupamento, verifica-se que a hierarquia de 2004 ( $t_0$ ) para 2005 ( $t_1$ ) aumentou significativamente no agrupamento 1 ( $p < 0,05$ ) e no conjunto de todos os agrupamentos (total) ( $p < 0,05$ ); de 2004 ( $t_0$ ) para 2006 ( $t_2$ ) aumentou nos agrupamentos 1 ( $p < 0,05$ ), 2 ( $p < 0,01$ ) e no total ( $p < 0,05$ ); e de 2005 ( $t_1$ ) para 2006 ( $t_2$ ) aumentou significativamente somente no agrupamento 2 ( $p < 0,05$ ).

Tabela 2: Comparações dos coeficientes de Gini (G) para a altura de *M. ilicifolia*.

	$G_{t_0}^{(*)}$	$G_{t_1}^{(*)}$	$G_{t_2}^{(*)}$	$p^{(**)}$
Agrupamento 1	0,445 <sup>a</sup>	0,509 <sup>a</sup>	-	0,019
	0,445	-	0,505 <sup>a</sup>	0,023
	-	0,509	0,505	0,877
Agrupamento 2	0,396 <sup>a</sup>	0,441 <sup>a</sup>	-	0,104
	0,396	-	0,500 <sup>a</sup>	0,000
	-	0,441	0,500	0,043
Agrupamento 3	0,593 <sup>b</sup>	0,622 <sup>c</sup>	-	0,451
	0,593	-	0,619 <sup>c</sup>	0,544
	-	0,622	0,619	0,926
Agrupamento 4	0,576 <sup>b</sup>	0,554 <sup>b</sup>	-	0,260
	0,576	-	0,558 <sup>b c</sup>	0,382
	-	0,554 <sup>b</sup>	0,558	0,851
Agrupamento 5	0,581 <sup>b</sup>	0,597 <sup>b c</sup>	-	0,769
	0,581	-	0,493 <sup>a b</sup>	0,260
	-	0,597	0,493	0,120
Total	0,518	0,545	-	0,042
	0,518	-	0,551	0,018
	-	0,545	0,551	0,647

(\*) Letras diferentes em cada coluna ( $G_{t_0}$ ,  $G_{t_1}$  e  $G_{t_2}$ ) representam diferenças significativas entre agrupamentos, na mesma data ( $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ ), ao nível de 5% pelo teste Bootstrap. (\*\*) Na coluna (p), os valores <0,01 e <0,05 mostram diferenças significativas, ao nível de 1% e 5% pelo teste Bootstrap, respectivamente, entre duas datas diferentes de um mesmo agrupamento (na linha).

Ao longo do tempo, observou-se no agrupamento 1 um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) da hierarquização de tamanho em altura em 2005 ( $t_1$ ) e 2006 ( $t_2$ ) em relação a 2004 ( $t_0$ ). Para o agrupamento 2, no ano 2006 ocorreu maior desigualdade de tamanho em altura em relação aos anos anteriores ( $t_0 \rightarrow t_2$   $p < 0,01$ ;  $t_1 \rightarrow t_2$   $p < 0,05$ ). Nos demais agrupamentos, não

ocorreram alterações significativas na hierarquia em altura entre os anos ( $P>0,05$ ). Considerando o conjunto de agrupamentos, os anos de 2006 ( $t_2$ ) e 2005 ( $t_1$ ) não diferiram significativamente entre si, mas se mostraram mais hierarquizados em altura ( $p<0,05$ ) do que em 2004 ( $t_0$ ) (Tabela 2).

Tabela 3: Comparações dos coeficientes de Gini (G) para DAS de *M. ilicifolia*.

<b>Agrupamento</b>	<b>G<sub>t0</sub><sup>(*)</sup></b>	<b>G<sub>t1</sub><sup>(*)</sup></b>	<b>G<sub>t2</sub><sup>(*)</sup></b>	<b>P<sup>(**)</sup></b>
<b>1</b>	0,443 <sup>b</sup>	0,504 <sup>b</sup>	-	0,011
	0,443	-	0,492 <sup>a</sup>	0,038
	-	0,504	0,492	0,604
<b>2</b>	0,368 <sup>a</sup>	0,419 <sup>a</sup>	-	0,038
	0,368	-	0,479 <sup>a</sup>	0,000
	-	0,419	0,479	0,019
<b>3</b>	0,571 <sup>c</sup>	0,572 <sup>c</sup>	-	0,954
	0,571	-	0,562 <sup>b</sup>	0,798
	-	0,572	0,562	0,754
<b>4</b>	0,569 <sup>c</sup>	0,544 <sup>b,c</sup>	-	0,197
	0,569	-	0,524 <sup>a,b</sup>	0,032
	-	0,544	0,524	0,331
<b>5</b>	0,682 <sup>c</sup>	0,700 <sup>c</sup>	-	0,201
	0,682	-	0,601 <sup>b</sup>	0,390
	-	0,700	0,601	0,265
<b>Total</b>	0,512	0,533	-	0,185
	0,512	-	0,531	0,277
	-	0,533	0,531	0,877

<sup>(\*)</sup> Letras diferentes em cada coluna (G<sub>t0</sub>, G<sub>t1</sub> e G<sub>t2</sub>) representam diferenças significativas entre agrupamentos, na mesma data (t<sub>0</sub>, t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub>), ao nível de 5% pelo teste Bootstrap. <sup>(\*\*)</sup> Na coluna (p), os valores <0,01 e <0,05 mostram diferenças significativas, ao nível de 1% e 5% pelo teste Bootstrap, respectivamente, entre duas datas diferentes de um mesmo agrupamento (na linha).

Quanto ao diâmetro à altura do solo (DAS) (Tabela 3), em 2004 ( $t_0$ ), a menor hierarquia foi verificada no agrupamento 2 ( $p < 0,05$ ), o agrupamento 1 apresentou nível de hierarquia intermediário, enquanto os agrupamentos 5, 3 e 4 apresentaram a maior hierarquia ( $p < 0,05$ ), em relação aos demais agrupamentos, mas não diferiram significativamente entre eles ( $p > 0,05$ ). Comportamento semelhante da hierarquia entre agrupamentos foi observado em 2005 ( $t_1$ ), com a observação de que o agrupamento 4 tornou-se, também, estatisticamente semelhante ao grupo 1. Em 2006 ( $t_2$ ), o agrupamento 1 tornou-se semelhante ao agrupamento 2 ( $p > 0,05$ ), mantendo-se a semelhança deste último com o agrupamento 4, observada no ano anterior.

Considerando a evolução da hierarquia para DAS no tempo (Tabela 3), dentro de cada agrupamento, verifica-se que a hierarquia de 2004 ( $t_0$ ) para 2005 ( $t_1$ ) aumentou significativamente nos agrupamentos 1 ( $p < 0,05$ ) e 2 ( $p < 0,05$ ); de 2004 ( $t_0$ ) para 2006 ( $t_2$ ) aumentou nos agrupamentos 1 ( $p < 0,05$ ) e 2 ( $p < 0,01$ ) e diminuiu no agrupamento 4 ( $p < 0,05$ ); e de 2005 ( $t_1$ ) para 2006 ( $t_2$ ) aumentou significativamente somente no agrupamento 2 ( $p < 0,05$ ).

#### Distribuição de tamanho e florescimento

O florescimento ocorreu a partir da terceira classe de altura (1,00-1,50m) e da segunda classe de DAS (0,50-1,00cm) (Figura 8), mas em menos de 4% das plantas de cada classe. Observa-se um aumento progressivo no percentual de plantas em florescimento, em relação ao número total de cada classe, com o aumento do tamanho, em altura (Figura 9a) e DAS (Figura 4b): cerca de 40% das plantas pertencentes à quinta classe (2,00 e 2,5), tanto em

altura e diâmetro, floresceram; na sétima elas representavam quase 80%; na 9ª eram 95%; e nas duas últimas, todas as plantas das respectivas classes floresceram.

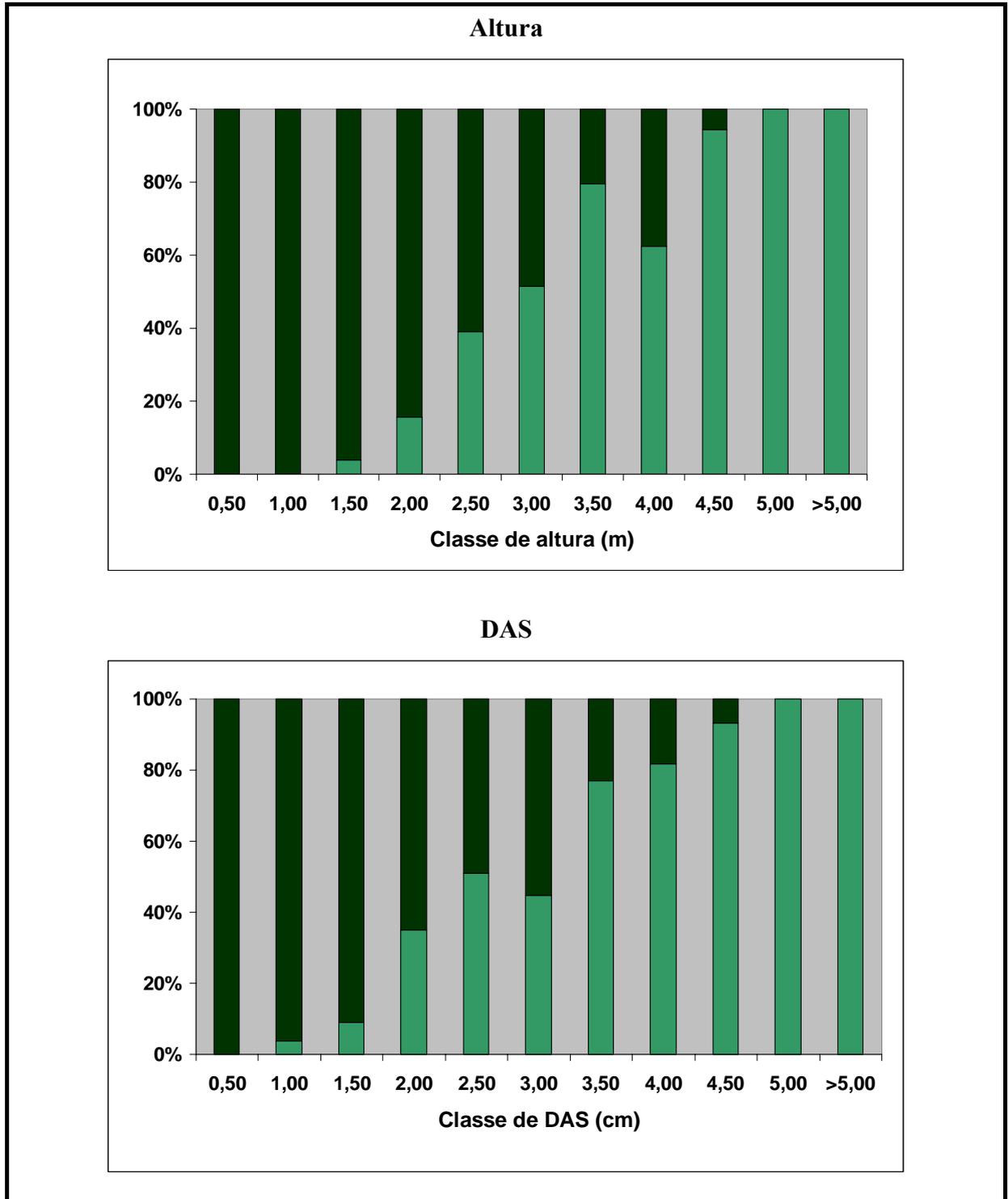


Figura 8: Proporção de indivíduos (%) em florescimento em relação aos que não floresceram em cada classe de altura (a) e de DAS (b).

Analisando somente os indivíduos que floresceram ( $N = 147$ ) (Figura 8), observa-se menor número de plantas em florescimento nas classes extremas e maior número nas intermediárias, tanto de altura como de DAS (Figura 9), aproximando-se à forma da curva normal.

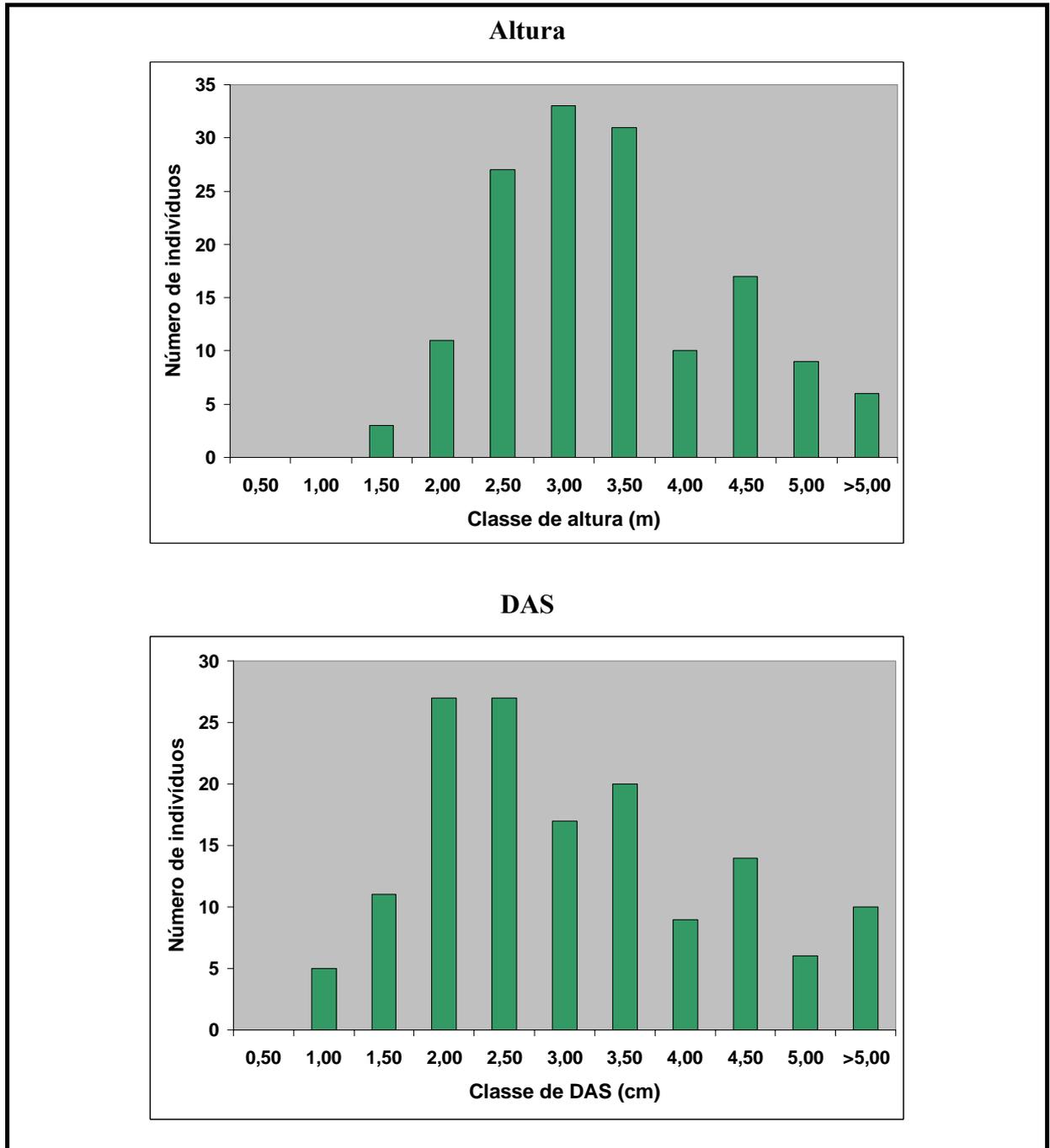


Figura 9: Distribuição do número de plantas em florescimento nas classes de altura e DAS

O número máximo de plantas em florescimento ocorreu na 6ª classe de altura (2,50-3,00cm) e nas 4ª e 5ª classes de DAS (1,50-2,00cm e 2,00-2,50cm) (Figura 9). As plantas em florescimento apresentaram altura variando entre 1,37m e 7,6m, com média de 3,15m e mediana igual a 3,00m, e DAS médio de 2,97cm, variando de 0,77cm até 16,8cm, com mediana igual a 2,57cm (Figura 8).

#### Caracterização dos estádios de desenvolvimento

Os indivíduos foram agrupados em estádios de desenvolvimento, com base em observações da presença ou ausência de estruturas morfológicas, como cotilédones e flores, e, também, no tamanho em altura e DAS. Foi possível identificar cinco estádios de desenvolvimento:

Jovem inicial (JI) – refere-se aos indivíduos que ingressam a cada ano período, provocando um aumento no número de indivíduos de menor tamanho nos agrupamentos.

O estágio jovem (J) inclui indivíduos com altura inferior a 0,50m (altura máxima atingida pelos ingressos acompanhados durante dois anos). Neste estágio estão incluídos indivíduos de propagação vegetativa e de semente, pela dificuldade de distingui-los.

O estágio imaturo (IM) abrange os indivíduos de altura igual ou superior a 0,50m e menor que a próxima classe (adulto vegetativo), e que ainda não se reproduziram.

O estágio adulto vegetativo (AV) incluiu indivíduos que apresentaram DAS e altura iguais ou superiores ao menor indivíduo reprodutivo ( $DAS \geq 0,77$  cm e altura  $\geq 1,37$  m), mas que não se reproduziram no período de coleta de dados. Este estágio englobou indivíduos que ainda não se reproduziram (virgens) e pode ter incluído, também, alguns indivíduos que podem ter se reproduzido em períodos anteriores ao deste estudo.

O estágio adulto reprodutivo (AR) foi caracterizado pela presença de flor durante o período de coleta de dados.

## 5.5. DISCUSSÃO

Houve uma grande sobreposição das alturas e dos diâmetros (DAS) entre os agrupamentos (Figura 3). As maiores alturas foram observadas nos agrupamentos 1 e 2, semelhantes entre si. O agrupamento 3 apresentou altura intermediária. As menores alturas foram verificadas no agrupamento 4, em todos os períodos avaliados. Os maiores diâmetros foram encontrados no agrupamento 1, enquanto os agrupamentos 2 e 3 apresentaram diâmetros semelhantes e intermediários aos demais. O agrupamento 4, também, apresentou os menores diâmetros em comparação aos demais, em cada ano. O agrupamento 5 exibiu uma variação acentuada entre os anos, tanto em altura como em diâmetro.

Uma análise das estruturas de tamanho, com base nos histogramas de frequência de indivíduos nas onze classes de altura e DAS, em  $t_0$ , revelou dois padrões: nos agrupamentos 1 e 2, as classes iniciais estão próximas a 25% e as demais, na maioria, mantêm-se entre 10-15% (Figuras 1 e 2); nos agrupamentos 3,4 e 5 observa-se outro padrão (Figuras 4, 5 e 6), com uma grande proporção de indivíduos na primeira classe, entre 45% e 60%, contrastando com as outras classes que se mantêm em proporções abaixo de 10%. Nos agrupamentos 4 e 5 existe uma escassez de indivíduos nas classes de maior altura e DAS.

Em  $t_1$ , houve uma mudança na estrutura dos agrupamentos 1 e 2, tanto em altura como DAS, com um aumento acentuado na proporção de indivíduos na primeira classe (Figuras 1 e 2), possivelmente pelo ingresso de novos indivíduos (jovens ingressantes), tornando-se mais semelhante ao padrão dos demais agrupamentos e do conjunto de agrupamentos, tendendo ao tipo J-invertido. Nos agrupamentos 3, 4 e 5, suas respectivas

estruturas em altura e DAS mantiveram-se praticamente inalteradas (Figuras 4, 5 e 6). Em  $t_2$ , as estruturas mantiveram-se semelhantes às de  $t_1$ , em cada agrupamento, à exceção do agrupamento 5, no qual ocorreu uma redução de 55 %, em relação ao ano anterior, na proporção de indivíduos na primeira classe, tanto em altura como em DAS, acompanhada de um aumento menos intenso na terceira classe (Figuras 4, 5 e 6). O agrupamento 5 mostrou uma estrutura instável ao longo dos anos, com reduções e elevações nas proporções de várias classes, tanto em altura como em DAS (Figura 6).

No conjunto de todos os agrupamentos de *M. ilicifolia* na Flona de Irati, a estrutura de tamanho assumiu o tipo J-invertido (Figura 7), exibindo um maior número de indivíduos de tamanho menor e um menor número de indivíduos maiores. A estrutura de tamanho tipo J-invertido é em geral interpretada como indícios de estabilidade ou crescimento populacional e capacidade de regeneração (FONSECA, 2001). Entretanto, estas inferências sobre a dinâmica devem ser consideradas com cautela, pois vários estudos têm relatado a ocorrência da estrutura J-invertido, mesmo em situações de declínio populacional (JONHSON et al., 1994; MARTINI, 1996; CONDIT et al., 1998; FONSECA, 2001).

As análises dos coeficientes Gini (Tabelas 2 e 3) reforçaram a existência dos dois padrões na estrutura em tamanhos, baseados em classes de altura e DAS, evidenciados na avaliação dos histogramas. Observaram-se dois níveis de hierarquia: o primeiro, menos hierarquizado (menor desigualdade de tamanhos), incluindo os agrupamentos 1 e 2, que mantiveram esta condição nos três anos de avaliação; o segundo, com maior hierarquia (maior desigualdade de tamanhos), composto dos agrupamentos 3, 4 e 5. Em função da instabilidade observada no agrupamento 5, nas avaliações do box-pot (Figura 3) e histograma (Figura 6), a partir de  $t_1$ , verifica-se que este agrupamento ora fica semelhante ao 3, ora ao 4 e, também, ao 1 e 2, reforçando a instabilidade na sua estrutura. Deste modo, o agrupamento 3 passou a

formar um terceiro nível, com as maiores hierarquias de tamanho, em relação à altura, em  $t_1$  e  $t_2$ .

As áreas dos agrupamentos 1 e 2 são muito próximas em termos de distância, de fitofisionomia, altura de inundação e solos, o que pode contribuir para a semelhança no tamanho dos indivíduos, tanto em altura como em DAS, e na estrutura de tamanhos.

A instabilidade na estrutura no agrupamento 5 pode ser atribuída ao pequeno número de indivíduos, associado ao fato de ser a área mais próxima ao canal principal do rio das Antas e, portanto, submetida aos maiores níveis de inundação em comparação com as outras áreas neste estudo, chegando a alcançar até 1,45m de altura da coluna de água acima do nível do solo.

Considerando-se o conjunto dos agrupamentos, para a variável altura, a hierarquia foi maior em  $t_1$  e  $t_2$ , em relação à  $t_0$ , mas foram semelhantes entre  $t_1$  e  $t_2$ . Em relação ao DAS, não houve diferença entre os coeficientes Gini, sugerindo que a hierarquia de tamanhos, ou seja, a estrutura de tamanhos em DAS permaneceu estável ao longo dos três anos de estudo.

Os resultados mostraram que *M. ilicifolia*, na Floresta Nacional de Irati, forma dois grupos distintos, em termos de estrutura de tamanho. O primeiro, menos hierarquizado em termos de altura e DAS, reúne os agrupamentos localizados nas margens ou em meandros abandonados do rio das Antas, em áreas alagáveis nos períodos mais chuvosos, que variaram de 1,00 até 1,45m de altura, mostrando uma vegetação secundária, com regeneração natural de mais de 40 anos. Neste grupo, denominado de “AA” (em referência a áreas alagáveis), estão os agrupamentos 1, 2 e, também, o 5. Este último, embora tenha evidenciado alternâncias no padrão de tamanhos, em função da instabilidade na estrutura, foi enquadrado neste grupo, devido às características semelhantes de habitat. O segundo grupo, mais hierarquizado, apresentando uma maior desigualdade de tamanhos, inclui os agrupamentos

localizados nas áreas não alagáveis, nos plantios de *Eucalyptus* spp e de *Pinus* spp, respectivamente. Neste grupo, denominado ANA (áreas não alagáveis) encontram-se os agrupamentos 3 e 4.

Os resultados deste estudo permitiram, ainda, nos dois grupos descritos acima, definir cinco estádios de desenvolvimento: jovem ingressante (JI), jovem (J), imaturo (I), adulto vegetativo (AV) e adulto reprodutivo (AR), e parecem migrar, de um estágio para o outro, provocando flutuações no número de indivíduos em cada classe de tamanho ao longo do tempo.

## 5.6. REFERÊNCIAS

BROWER, J.E.; ZAR, J.H. **Field & laboratory methods for general ecology**. 2.ed. Iowa: Win. C. Brown Publishers, 1984.214p.

CLARK, D.A. Plant demography. In: McDade, L.A.; Bawa, K.S.; Hespeneide, H.A.; Hartshorn, G.S. (eds.) **La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest**. Chicago: The University of Chicago Press, 1994. p.90-105.

CLARK, D.B & CLARK, D.A. Population ecology and microhabitat distribution of *Dipteryx panamensis*, a neotropical rain forest emergent tree. **Biotropica**, v.19, p.236-244, 1987.

FONSECA, M.G. **Aspectos demográficos de *Aspidoderma polyneuron* Muell. Arg. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; RODERJAN, C.V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. **Floresta**, v.19, p.30-49, 1989.

HOFFMANN, W.A. The effects of fire and cover on seedling establishment in a neotropical savanna. **Journal of Ecology**, v.84, p.383-393, 1996.

HUTCHINGS, M.J. Structure of plant population. In: Crawley, M.J. (ed.) **Plant ecology**. 2.ed. Oxford: Blackwell Scientific Pub., 1998. p.325-358.

KOBYAMA, T. & HORTA, M. Significance of allometry in tropical saplings. **Functional Ecology**, v.4, p.515-521, 1990.

MAZZA, C.A.S. **Caracterização ambiental da microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. 2006. 147p. Tese. (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

MILTON, S.J.; RYAN, P.G.; MOLONEY, C.L.; COOPER, J.; DEAN, W.R.J. Disturbance and demography of *Phyllica arbores* (Rhamnaceae) on the Tristan-Gough group of islands. **Botanical Journal of Linnean Society**, v.111, p.55-70, 1993.

MIRANDA-MELO, A.A. **Estrutura de população de *Xylopia aromática* (Lam.) Mart. (Annonaceae) e *Roupala montana* Aubl. (Proteaceae) em quatro fragmentos de cerrado**

*sensu lato* no município de Itirapina/SP. 2004. 104 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

OLMSTED, I.; ALVAREZ-BUYLLA, E. Sustainable harvesting of tropical trees: demography and matrix models of two palm species in Mexico. **Ecological Applications**, v.5, p.484-500, 1995.

PIMENTA, J.A. **Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O.BERG (MYRTACEAE) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR.** 1998. 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

RAMIREZ, N. & ARROYO, M.K. 1990. Estructura poblacional de *Copaifera pubiflora* Benth. (Leguminosae; Caesalpinioideae) em los Altos Llanos Centrales de Venezuela. **Biotropica**, v. 22, p.124-132, 1990.

SANTOS, F.A.M. **Wingini**: programa para cálculo do coeficiente de Gini. Versão 1.0. Departamento de Botânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 1996

SILVERTOWN, J.W.; DOUST, J.L. **Introduction to plant population biology.** Oxford: Blackwell Scientific Pub., 1993.

WEINER, J. & SOLBRIG, T. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. **Oecology**, v. 61, p.334-336, 1984.

WEST, C.J. Sustainability of *Beilschmiedia tawa*-dominated forest in New Zealand: population predictions based on transition matrix model. **Australian Journal of Botany**, v.43, p.51-71, 1995.

**6. CAPÍTULO 2 – FENOLOGIA REPRODUTIVA DE *Maytenus ilicifolia* Mart. ex  
Reiss. (CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI – PR**

## 6.1. RESUMO

Este trabalho teve como objetivo investigar a fenologia reprodutiva de *Maytenus ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, PR. O acompanhamento fenológico foi realizado de abril de 2003 a março de 2005, em 78 indivíduos adultos. As intensidades dos eventos floração (antese) e frutificação foram estimadas utilizando uma escala de 0 a 4 com um intervalo de 25% entre cada classe. Foram identificados dois tipos florais, em *M. ilicifolia*, na Floresta Nacional de Irati. As intensidades de florescimento e frutificação variaram entre anos e entre os tipos florais, mostrando uma forte influência dos fatores climáticos sobre as fases reprodutivas de *M. ilicifolia*. O conhecimento da variação temporal na reprodução é de considerável interesse para as atividades de coleta de sementes destinadas à conservação de germoplasma e na obtenção de sementes para fins de plantios comerciais.

## 6.2. INTRODUÇÃO

O conhecimento e a compreensão do comportamento reprodutivo e dos padrões fenológicos das espécies nos ecossistemas naturais são de interesse nos estudos ecológicos e fundamentais para os programas de conservação da biodiversidade. A fenologia estuda a ocorrência de eventos biológicos repetitivos, as causas de sua ocorrência em relação a fatores bióticos e abióticos e as inter-relações entre as fases caracterizadas por esses eventos, da mesma ou de diferentes espécies (MORELLATO et al., 1989; LIETH, 1974).

*Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae) tem distribuição predominantemente subtropical, ocorrendo naturalmente no Brasil (São Paulo, Mato Grosso do Sul, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul), Paraguai, Uruguai e leste da Argentina (CERVI et al., 1989, CARVALHO-OKANO, 1992; 2004). Ocorre, principalmente, na Floresta Ombrófila Mista, e, também, na Floresta Estacional Semidecidual e nas porções mais elevadas da Floresta Ombrófila Densa, em sub-bosques em fase de sucessão secundária tardia ou climáticas (KLEIN, 1968; GALVÃO et al., 1989; RADOMSKI et al., 2004). A espécie foi classificada por Rosa (1998) como seletiva higrófila, preferindo solos úmidos em ambientes ciliares. Populações de *M. ilicifolia* ocorrem freqüentemente em ambientes com restrições edáficas, tais como matas ciliares, agrupamentos arbóreos em campo e afloramentos de rochas (STEENBOCK, 2003; CERVI et al., 1989; ITCF, 1985; KLEIN, 1968), geralmente em alta densidade e em pequenas áreas (STEENBOCK, 2003). A espécie apresenta uso medicinal consagrado por comunidades indígenas e rurais da sua área de ocorrência, como analgésica, adstringente, anti-úlceras, anti-tumoral, afrodisíaca, contraceptiva e cicatrizante (ALONSO 1998; SIMÕES et al., 1988). A partir de 1988, as propriedades medicinais de *M. ilicifolia* foram comprovadas no tratamento de distúrbios gastrointestinais, especialmente gastrite e úlceras (CARLINI, 1988), por pesquisas coordenadas pela extinta Central de Medicamentos

(CEME) do Ministério da Saúde, o que contribuiu para ampliar a sua utilização em nível nacional e internacional. A recente expansão do mercado de plantas medicinais vem causando uma descontrolada devastação de espécies em ambientes naturais, uma vez que a exploração é baseada quase que exclusivamente no extrativismo.

Atualmente, *M. ilicifolia* encontra-se nas listas da flora ameaçada de extinção dos estados de São Paulo, na categoria “presumivelmente extinta” (SMA, 2004), do Paraná, na categoria “rara” (PARANÁ, 1995), e do Rio Grande do Sul, como “vulnerável” (SOCIEDADE BRASILEIRA DE BOTÂNICA, 1998), sendo considerada prioritária para ações de conservação e manejo sustentável por vários especialistas no assunto (VIEIRA et al., 2002).

Carvalho-Okano (2004;1992) realizou um estudo taxonômico do gênero *Maytenus* no Brasil extra-amazônico, apresentando a descrição da morfologia floral de várias espécies, incluindo *M. ilicifolia*. Steenbock (2003) analisou aspectos da biologia floral de *M. ilicifolia* em duas populações naturais localizadas no município de Guarapuava, Estado do Paraná. Entretanto, ainda existe uma série de questões a serem esclarecidas, principalmente, no que diz respeito à biologia e fenologia reprodutiva da espécie. O presente estudo avalia a fenologia reprodutiva de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, visando embasar a conservação e uso sustentável da espécie.

### **6.3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Floresta Nacional de Irati (Flona de Irati), uma Unidade de Conservação Federal de Utilização Sustentável, criada como Parque Florestal, em

1946, e transformada em Flona em 1968. A Flona de Irati, com 3618,21 ha, está situada nos Municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares (Figura 1), na coordenada 25°21' de latitude sul e 50°35' de longitude oeste, tendo como limite os municípios de Imbituva e Irati, no Segundo Planalto Paranaense, Microrregião Colonial de Irati (MAZZA, 2006). Esta região está inserida na bacia do rio Tibagi, na área do Domínio da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), floresta tipicamente dominada pela espécie *Araucaria angustifolia* (Bertoloni) Otto Kuntze (pinheiro-do-paraná; pinheiro-brasileiro), que ocupa o extrato superior nas áreas naturais (GALVÃO et al., 1989). Segundo Köppen, o clima regional é do tipo Cfb - Subtropical Úmido Mesotérmico, caracterizado por verões frescos, geadas severas e freqüentes e sem estação seca.

Com base no diagnóstico fitossociológico realizado por Galvão et al. (1989) e em informações fornecidas por antigos funcionários da Flona de Irati, cinco agrupamentos de *M. ilicifolia* foram localizados em meandros abandonados ou marginais ao rio das Antas e adjacências, em áreas submetidas a diferentes níveis de inundações periódicas e de perturbações antrópicas. Todos os agrupamentos encontram-se contíguos ou nas áreas que foram perturbadas, para o plantio, em 1965, de *Pinus* spp e *Eucalyptus* spp, apresentando regeneração da vegetação natural ao longo destes 40 anos.

O acompanhamento fenológico em *M. ilicifolia* foi realizado mensalmente, durante dois anos, de abril de 2003 a março de 2005, em 78 indivíduos com diâmetro à altura do peito maior ou igual a 1,5cm ( $DAP \geq 1,5\text{cm}$ ), identificados com plaquetas metálicas numeradas, selecionados ao acaso nos agrupamentos localizados na Flona de Irati. Observações mais freqüentes foram realizadas nos períodos de atividade reprodutiva. As fases fenológicas observadas foram (MORELLATO et al., 1989): floração – emissão de botões e de flores em antese (flores abertas); frutificação - presença de frutos imaturos e maduros; brotamento - aparecimento de brotos foliares até a expansão de folhas novas; e queda foliar –

período de perda de folhas. Na quantificação da floração e frutificação foi adotada a metodologia proposta por Fournier (1974), na qual se classifica cada indivíduo, em cada período avaliado, segundo uma escala de valores de zero a quatro, com as seguintes categorias: 0 = ausência do evento fenológico; 1 = presença do evento fenológico na magnitude entre 1% e 25%; 2 = presença do evento fenológico na magnitude entre 26% e 50%; 3 = presença do evento fenológico na magnitude entre 51% e 75%; e 4 = presença do evento fenológico na magnitude entre 76% e 100%.

Em cada indivíduo com flores em antese, as flores foram observadas e identificadas, a campo, com o auxílio de uma lupa 10 x de aumento. A quantidade de frutos foi obtida, para o período 2004-2005, por meio da contagem direta de todos os frutos presentes em cada indivíduo sob avaliação, no mês de novembro.

Dados meteorológicos diários das temperaturas máxima, média e mínima, da precipitação e da umidade do ar, referentes ao período de 1963 até 2005, foram obtidos da Estação Meteorológica de Fernandes Pinheiro, localizada na vizinhança da Flona de Irati, fornecidos pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR.

#### Análise dos dados

As percentagens de indivíduos em uma determinada fenofase foram calculadas mensalmente, utilizando o dado de presença (1) e ausência (0) da fenofase em relação ao número de indivíduos total da amostra (N). A percentagem de indivíduos (ou índice de atividade) permite calcular a proporção de indivíduos amostrados que estão manifestando determinado evento fenológico e avaliar a sincronia entre os indivíduos de uma população, considerando que quanto maior o número de indivíduos manifestando a mesma fenofase no

mesmo intervalo de tempo, maior é a sincronia desta população (BENCKE e MORELLATO, 2002; MORELLATO et al., 1990).

O índice de intensidade de Fournier fornece uma estimativa da abundância de flores e frutos produzidos (BENCKE e MORELLATO, 2002). O percentual de intensidade de Fournier foi calculado mensalmente por meio do somatório dos valores de intensidade de todos os indivíduos em cada fenofase (floração e frutificação) dividido pelo valor máximo possível (número total de indivíduos multiplicado por quatro), de acordo com a seguinte fórmula (FOURNIER, 1974):  $[(\sum \text{Fournier}) \cdot (4N)^{-1}] \cdot 100$ . Os valores de intensidade, ou categorias, foram atribuídos a cada indivíduo no campo por meio de uma escala intervalar semiquantitativa de cinco categorias (0 a 4) e intervalo de 25% entre cada categoria, conforme descrito no item anterior.

Com os dados meteorológicos diários de 1963 a 2005, foram calculadas as médias mensais da precipitação mensal acumulada e das temperaturas e umidade relativa do ar, e os dados foram organizados em tabelas e gráficos.

#### **6.4. RESULTADOS**

A análise dos dados meteorológicos relativos ao período entre 1963 e 2005 evidenciou a ocorrência de uma estação fria, que se estende de maio a agosto, com valores médios mensais inferiores a 15 °C para a temperatura média (Tabela 1) e a 11 °C para a temperatura mínima. Neste período, foram registradas mínimas absolutas abaixo de 0 °C, principalmente, nos meses de julho e agosto. As médias mensais da precipitação acumulada mantiveram-se próximo a 100,0mm, em todos os meses, à exceção de agosto. Maio foi o mês mais chuvoso da estação fria, com média de 123,3mm de precipitação acumulada. Agosto caracterizou o mês mais seco, apresentando valor médio de 81,5mm na precipitação mensal

acumulada (Tabela 1), alcançando valores absolutos abaixo de 10,0mm em alguns anos. A estação quente se estende de setembro a abril, quando se registraram médias de até 21°C para a temperatura média (Tabela 1), correspondendo, também, às chuvas mais intensas, que se concentraram em setembro/outubro e entre dezembro e fevereiro (Tabela 1). A média da precipitação acumulada para os períodos de abril a março (12 meses), considerando os anos de 1963 a 2005, foi de 1.581,1mm, com desvio padrão de 304,7mm. A média das médias anuais, para o mesmo período, foi de 23,9°C, 17,3°C e 12,8°C e o desvio padrão de 0,54°C, 0,59°C e 0,71°C, respectivamente, para as temperaturas máximas, médias e mínimas e de 80,94 % e desvio padrão de 2,36%, para a umidade relativa do ar (Tabela 1).

Tabela 1: Dados Meteorológicos, média mensal da precipitação mensal acumulada e das temperaturas e umidade relativa do ar, para o período de 1963 a 2005.

Meses	Precipitação (mm)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura média (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade Relativa do ar (%)
Abril	99,5	24,1	17,6	13,5	82,6
Maio	123,3	21,1	14,7	10,3	83,4
Junho	119,8	19,7	13,3	8,9	83,9
Julho	108,0	19,8	13,0	8,3	81,2
Agosto	81,5	21,6	14,4	9,4	77,4
Setembro	142,3	22,2	15,6	11,0	78,7
Outubro	165,3	24,1	17,6	13,0	79,5
Novembro	125,8	25,9	19,1	14,3	77,3
Dezembro	160,1	26,8	20,2	15,5	79,5
Janeiro	178,4	27,4	20,9	16,6	81,8
Fevereiro	145,3	27,4	21,0	16,9	83,0
Março	131,7	26,5	20,0	15,9	83,1

Os dois anos de observação apresentaram padrão semelhante ao observados na análise dos dados meteorológicos de 1963 até 2005 (Figura 1). Entretanto, estes dois anos foram mais secos que o habitual, com precipitação anual de 1115,4mm, para o período de

abril de 2003 até março de 2004, e 1237,6mm, no período correspondente de 2004 até 2005. Semelhante ao padrão encontrado nos últimos 43 anos, agosto caracterizou o mês mais seco, registrando precipitação mensal de 15mm no primeiro e 25mm no segundo período (Figura 1). Da mesma forma, os meses de outubro a janeiro, em ambos os períodos, concentraram mais de 50% da precipitação total anual, caracterizando o período chuvoso. As médias anuais de temperatura máxima, média e mínima mantiveram-se muito próximas das médias do período 1985-2005, registrando-se valores de 24,5°C, 17,6°C e 12,7°C, respectivamente, no ano 2003-2004 e 24,1°C, 17,7°C e 13,1°C, respectivamente, em 2004-2005, com máximas absolutas de 33,1°C, em novembro/2003, e 35,1°C, em março/2005, e mínimas absolutas de -0,4°C, em agosto/2003, e -1,0°C, em agosto/2004.

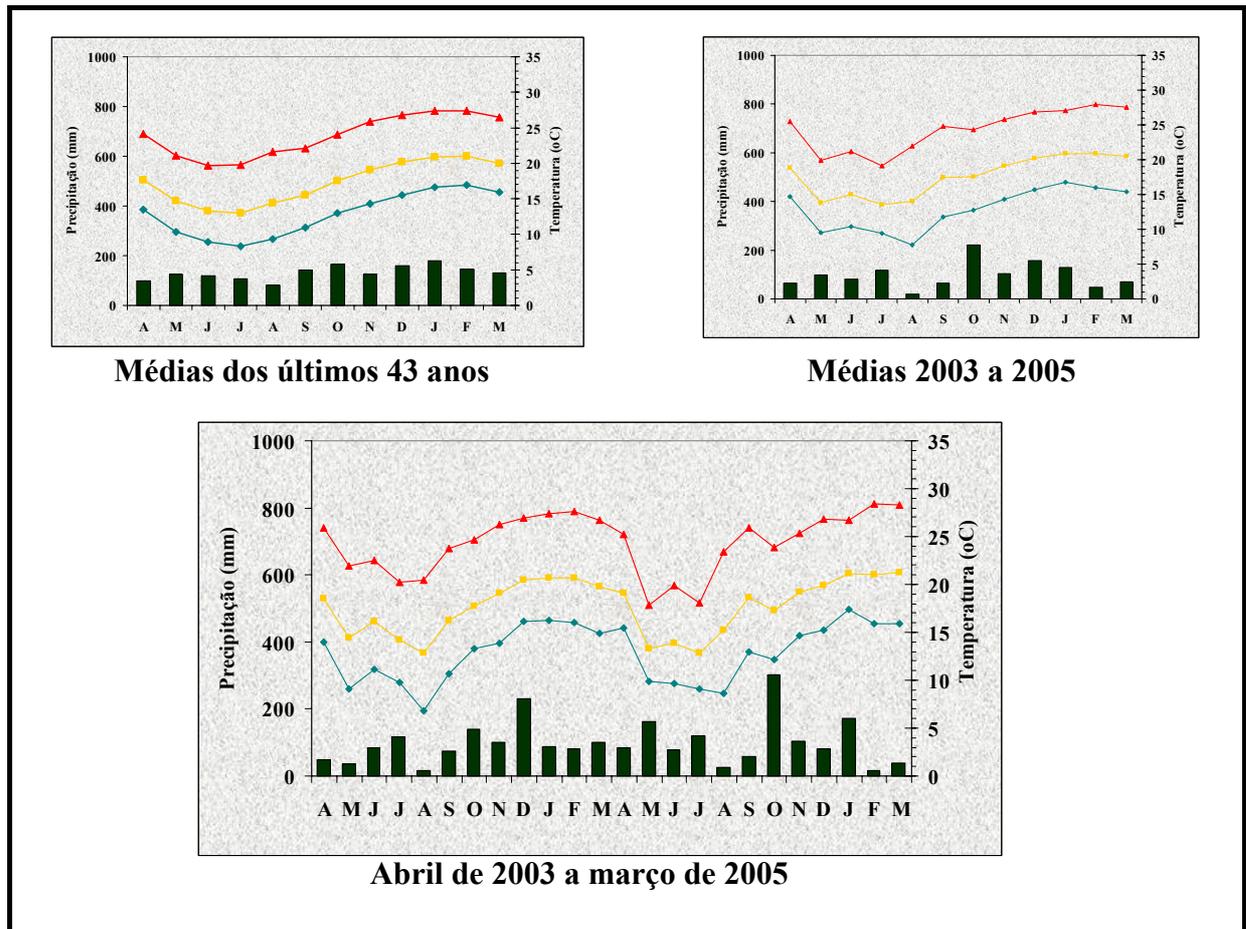


Figura 1: Padrão dos dados meteorológicos - Estação Meteorológica Fernandes Pinheiro - PR. Temperaturas: máxima (—), média(—) e mínima (—); Precipitação acumulada (barras)

A brotação de folhas ocorreu de outubro a novembro, em 2003, e de agosto a outubro em 2004 (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2: Estágios fenológicos de *Maytenus ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati. Simbologia utilizada: Folhas: (--) com folhas, (+++) brotamento; floração: (--) botão, (-o-) antese; frutificação: (xxx) frutos verdes, (-x-x-) frutos maduros.

Eventos	2003												2004												2005											
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	
Folhas	-----																																			
	+++++												+++++++																							
Floração	-----																																			
	-o-o-o-o-o-o-o-o												-o-o-o-o-o																							
Frutificação	xxxxxxxxxxxxxxxxx-x-x-x-																																			

Na brotação, a sincronia foi de 47,4% em outubro e 100,0% no mês de novembro, para o primeiro período, enquanto no segundo período foi de 10,3%, 88,5% e 100,0%, respectivamente, de agosto a outubro (Figura 2). A espécie não mostrou queda de folhas concentrada e perceptível no período avaliado, mantendo-se com folhas verdes durante todo o período avaliado (Tabela 2).

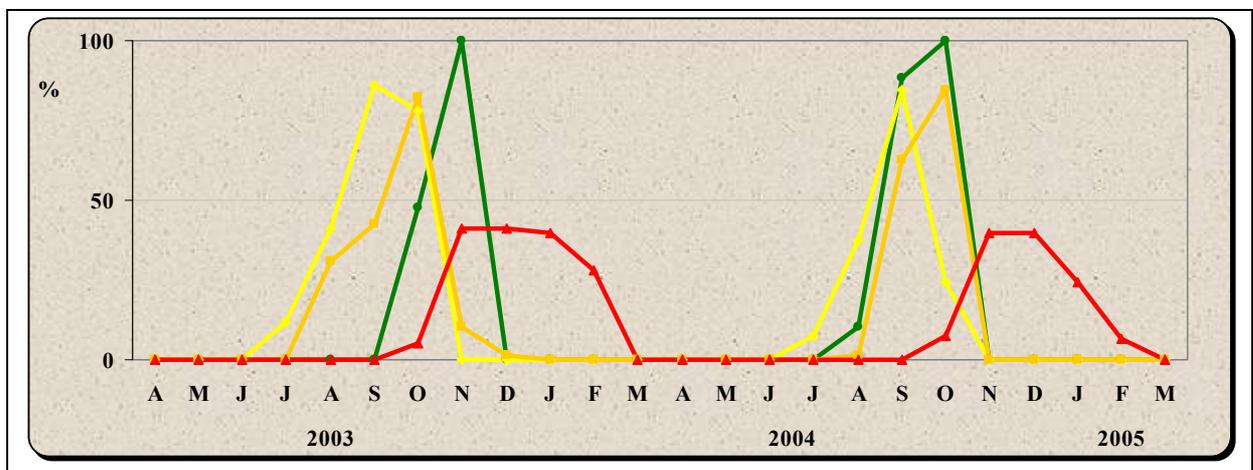


Figura 2: Representação da fenologia por meio do índice de atividade para brotamento (—), botão (—), antese (—) e frutificação (—) em *M. ilicifolia* (N=78).

A emissão de botões florais teve início no mês de julho, em 11,54% e 7,69% dos 78 indivíduos avaliados, com incremento considerável em agosto, registrando-se o máximo em setembro, em 85,9% e 84,3%, reduzindo em outubro para 78,2% e 24,4% dos indivíduos, no primeiro e segundo períodos, respectivamente (Tabela 2 e Figura 2). Em novembro não foi observada a presença de botões florais, nos dois períodos avaliados.

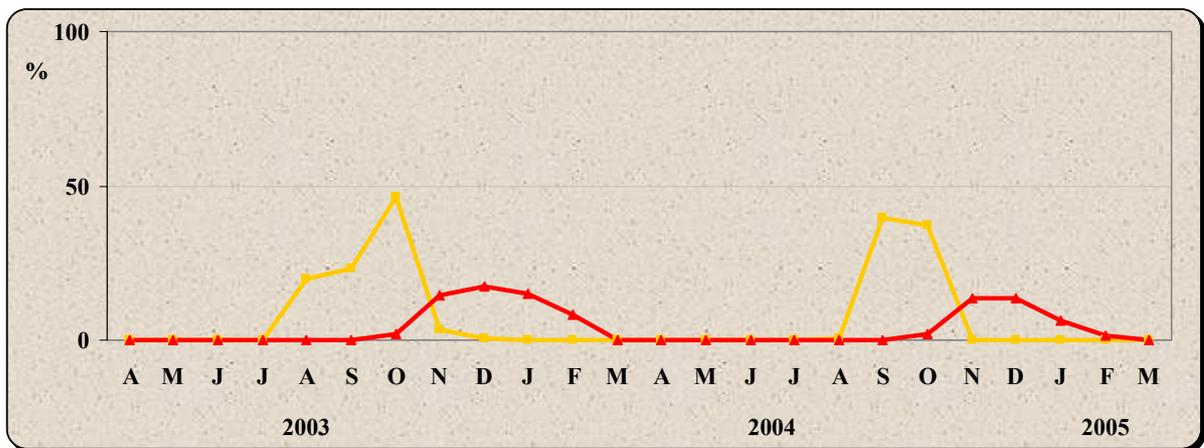


Figura 3: Representação da fenologia por meio do percentual de intensidade de Fournier para antese (—) e frutificação (—) em *M. ilicifolia* (N=78).

A antese teve início em agosto (Tabela 2 e Figura 2), em 30,8% e 1,3% dos indivíduos, no primeiro e segundo períodos, respectivamente. Em ambos os períodos avaliados, a antese atingiu valor máximo em outubro (Figura 2), ocorrendo em 82,1% e 84,6% das plantas, no primeiro e segundo períodos, respectivamente, coincidindo com o período de maior precipitação mensal e elevação da temperatura (Figura 1). No primeiro período, registrou-se a presença de flores abertas em 10,3% dos indivíduos em novembro e em 1,3% em dezembro, enquanto no segundo período, não foram observadas flores a partir de novembro. A intensidade da antese foi máxima em outubro (Figura 3), com valores de 19,9%, 23,4% e 46,2% de agosto a outubro do primeiro período, reduzindo para 3,2% e 0,3% nos

meses subseqüentes. No segundo período, a intensidade foi máxima em setembro (Figura 3), com valores de 0,3%, 39,4% e 37,2% em agosto, setembro e outubro, respectivamente.

A frutificação teve início no mês de outubro (Tabela 2 e Figura 2), quando 5,1% e 7,7% dos indivíduos exibiram frutos verdes. Alcançou atividade máxima em novembro e dezembro, quando 41,0% e 39,7% dos indivíduos exibiram frutos, no primeiro e segundo período, respectivamente. A intensidade da frutificação atingiu valores de 1,9%, 14,4%, 17,3%, 14,7% e 8,6%, no primeiro período, e 1,9%, 13,5%, 13,5%, 6,1% e 1,6% no segundo período, para os meses de outubro a fevereiro, respectivamente (Figura 3).

Dos 78 indivíduos avaliados, sete (8,9%) não floresceram nos dois períodos de estudo (2003-2004 e 2004-2005) e oito (10,3%) floresceram em somente um dos períodos. Nos 63 indivíduos (80,8%) que floresceram nos dois períodos, foram observados dois tipos florais distintos: (1) flor branca-esverdeada, com estames horizontalizados, anteras castanhas, estilete pronunciado, ovário bem visível em formato oval (Figura 4); (2) flor branca com estames verticalizados, estilete curto, ovário ínfero ou semi-ínfero e anteras de coloração amarelo-forte (Figura 4). Observou-se que 28 indivíduos (44,4%) apresentaram somente o primeiro tipo floral e 35 indivíduos (55,6%) exibiram somente o segundo tipo floral, mantendo-se, portanto, na proporção 1:1 ( $\chi^2_{\text{cal}}=0,78$ ;  $\chi^2_{\text{tab}(1\text{gl.}, \alpha=0,05)}=3,84$ ). Constatou-se, ainda, que cada indivíduo exibiu o mesmo tipo floral nos dois períodos avaliados.

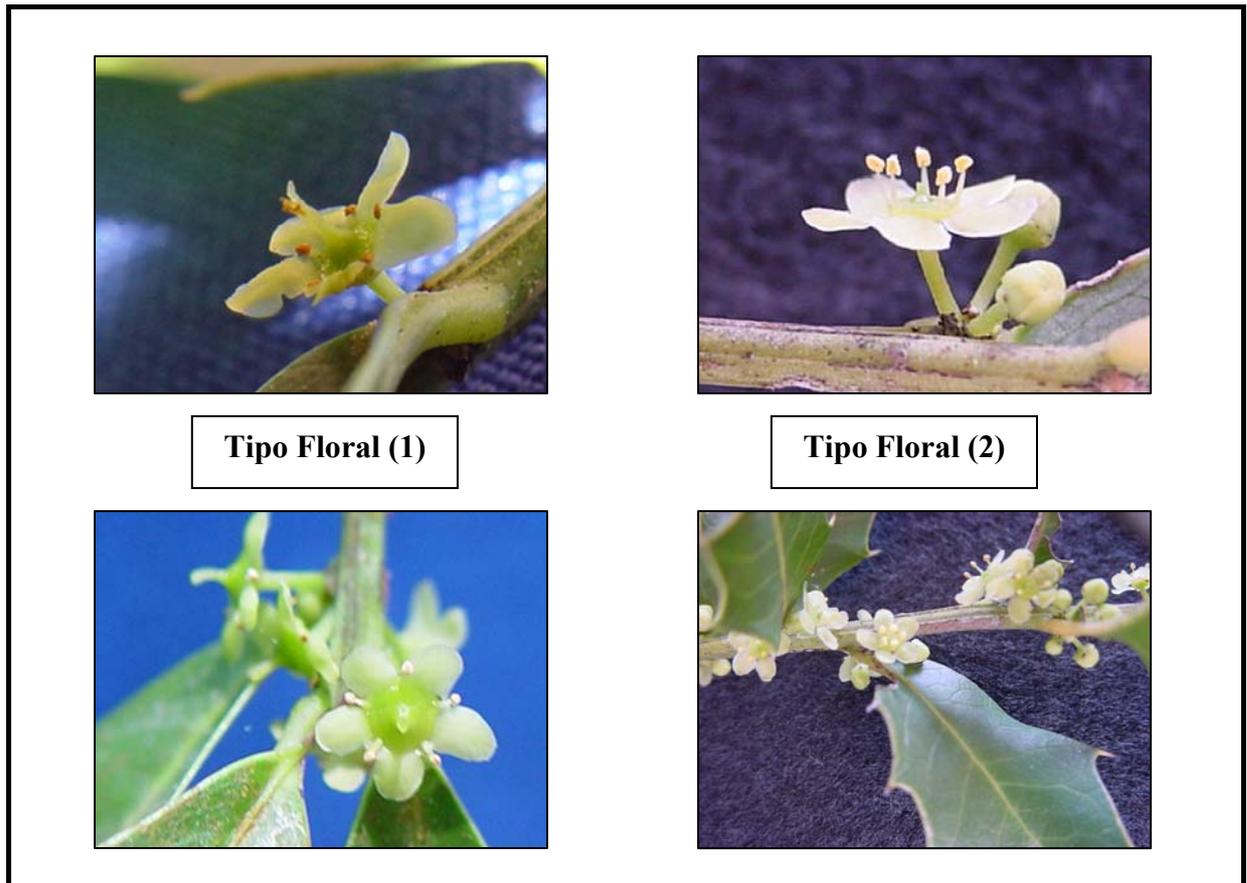


Figura 4: Tipos florais observados em *M. ilicifolia* na Flona de Irati – PR. Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

No tipo floral (1), poucos indivíduos exibiram botão floral em julho (7,1% e 3,6%) e agosto (21,4% e 14,3%), em 2003 e 2004. Em setembro, 96,4% e 100% dos indivíduos exibiam botões florais, respectivamente, para o primeiro e segundo períodos (Figura 5a). No mês de outubro, 100% dos indivíduos deste tipo floral apresentavam flores abertas (Figura 5a), e as maiores intensidades, 42,9% e 40,2%, para os dois períodos, respectivamente (Figura 5b). As maiores sincronias na fase de frutificação ocorreram em novembro/dezembro, no tipo floral (1), quando 92,9% e 85,7% dos indivíduos apresentavam-se com este evento, respectivamente, no primeiro e segundo período (Figura 5a). As intensidades de frutificação atingiram valores máximos de 42,9%, em dezembro de 2003, e 32,1%, em novembro/dezembro de 2004 (Figura 5b). A produção média, no período 2004-

2005, foi de 44,95 frutos por indivíduo em produção, com variação individual de um até 331 frutos.

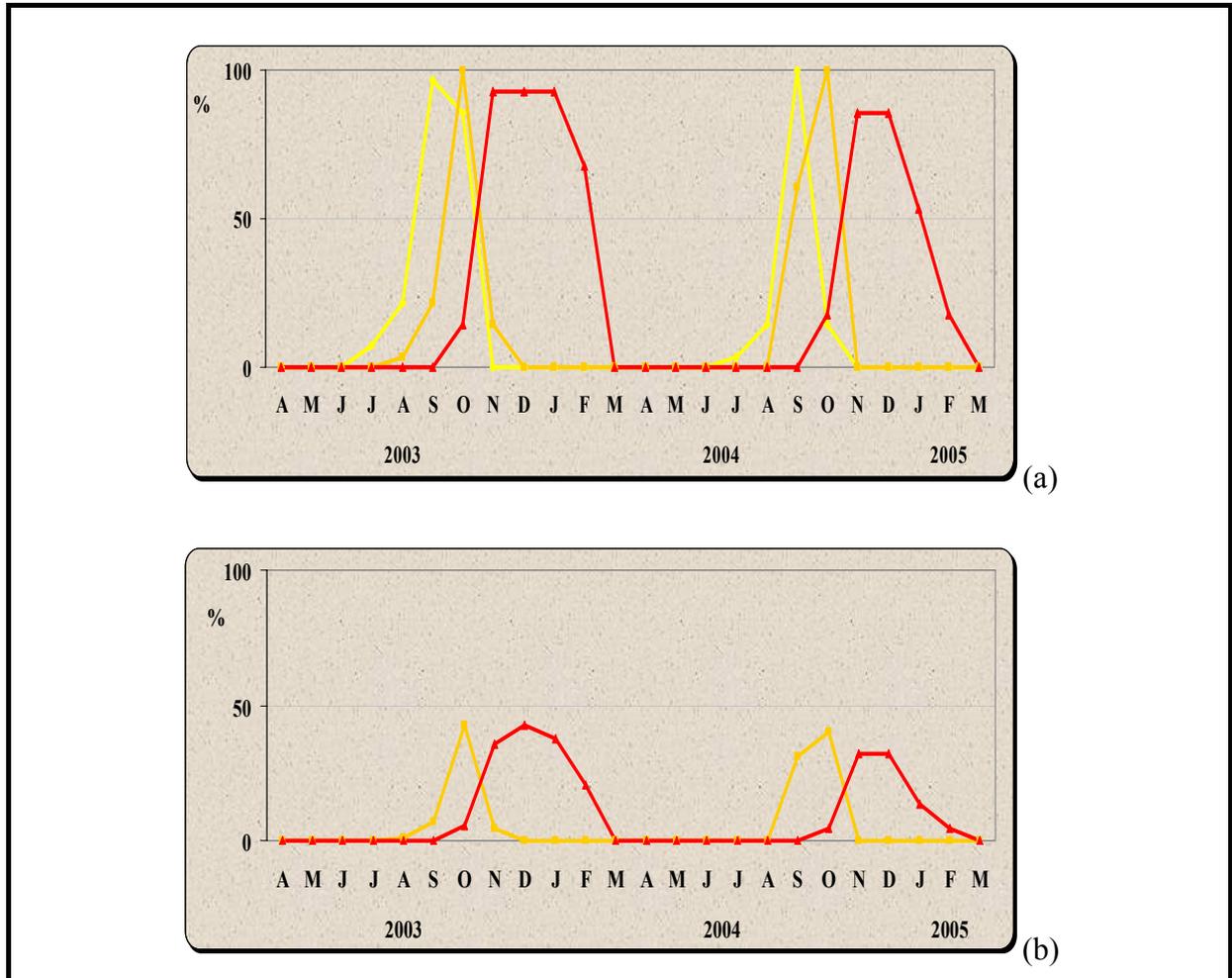


Figura 5: Representação da fenologia em *M. ilicifolia* (N=28) para o tipo floral (1): (a) índice de atividade para botão (—), antese (—) e frutificação (—); (b) percentual de intensidade de Fournier para antese (—) e frutificação (—).

No tipo floral (2), foram registrados, em julho, 20,0% e 14,3% dos indivíduos com botão floral, e em agosto ocorreu um incremento considerável, encontrando-se 74,3% e 68,6% dos indivíduos nesta fase, respectivamente, para 2003 e 2004. A maior sincronia foi observada em setembro, quando 97,1% dos indivíduos apresentavam-se com botões florais, em ambos os períodos avaliados (Figura 6a). A antese iniciou em agosto, quando havia 65,7%

e 2,9% dos indivíduos nesta fase, respectivamente, em 2003 e 2004. Em outubro, semelhante às plantas tipo (1), 97,1% dos indivíduos apresentaram flores abertas, nos dois períodos avaliados (Figura 6a). As intensidades máximas na antese ocorreram em outubro de 2003, estimada em 67,1%, e em setembro de 2004, em 60% (Figura 6b). Na maioria dos casos, as flores secaram sem formação de frutos. Entretanto, a presença de frutos foi registrada em 14,3% dos indivíduos com este tipo floral (Figura 6a), com intensidades de frutificação máximas estimadas em 3,6% e 2,9%, respectivamente, no primeiro e segundo período (Figura 6b). A quantidade individual de frutos variou de um até quatro, com média de 1,75 frutos por indivíduo em produção.

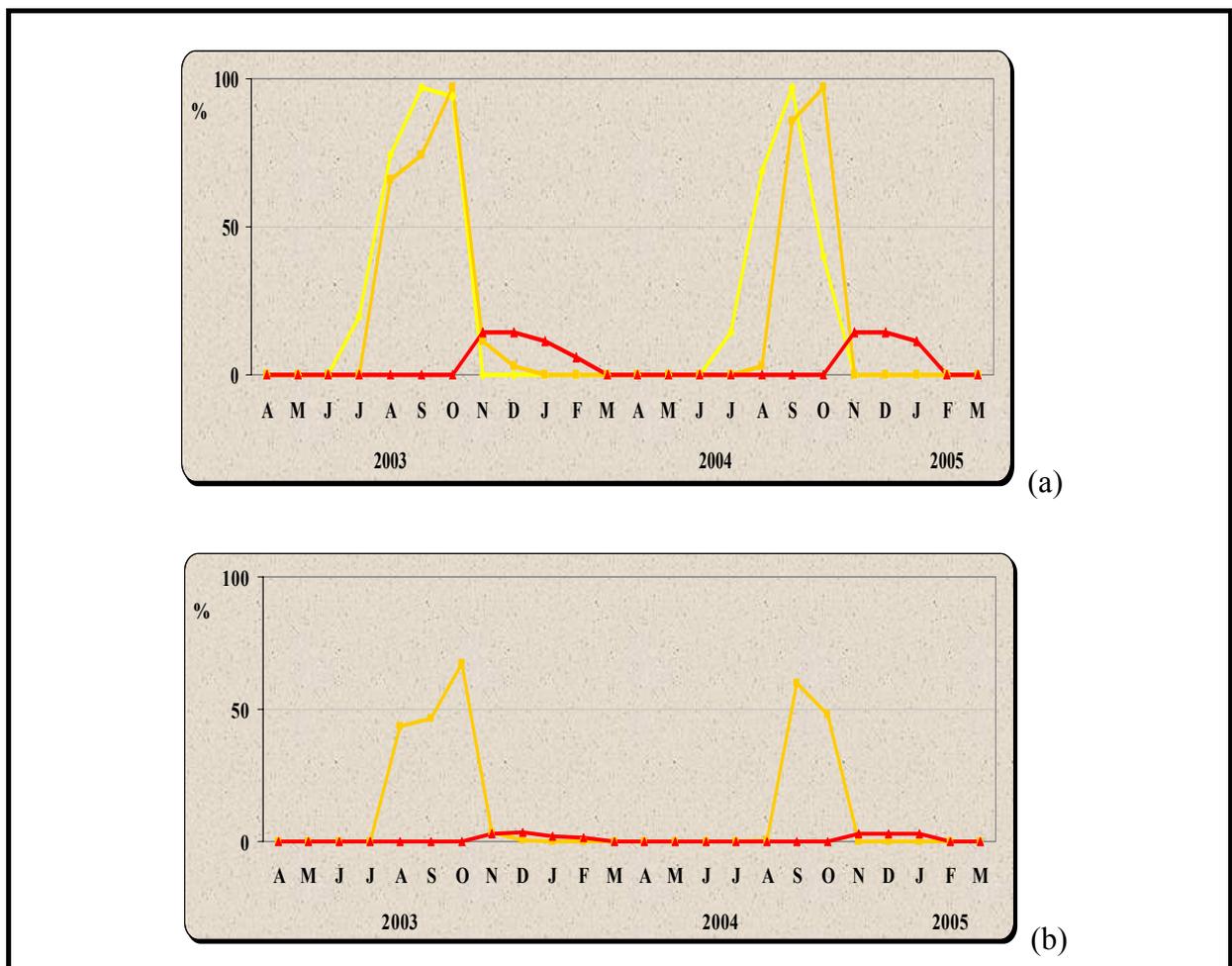


Figura 6: Representação da fenologia em *M. ilicifolia* (N=35) para o tipo floral (2): (a) índice de atividade para botão (—), antese (—) e frutificação (—); (b) percentual de intensidade de Fournier para antese (—) e frutificação (—).

## 6.5. DISCUSSÃO

*M. ilicifolia* não mostrou queda de folhas concentrada, sendo esta imperceptível ou pouco visível. O crescimento vegetativo ocorreu anualmente, variando quanto à duração e época nos dois períodos avaliados. O brotamento das folhas teve início com a elevação das temperaturas, em outubro de 2003 e agosto de 2004, intensificando-se com as chuvas (Figura 7). Vários estudos têm demonstrado que o estresse de umidade seria a causa primária de crescimento vegetativo em muitas espécies (BORCHET, 1973; MORELLATO et al., 1989). Neste trabalho, verificou-se uma influência da elevação da temperatura sobre a época de início do brotamento, a qual acompanhou a variação deste fator climático nos dois anos avaliados.

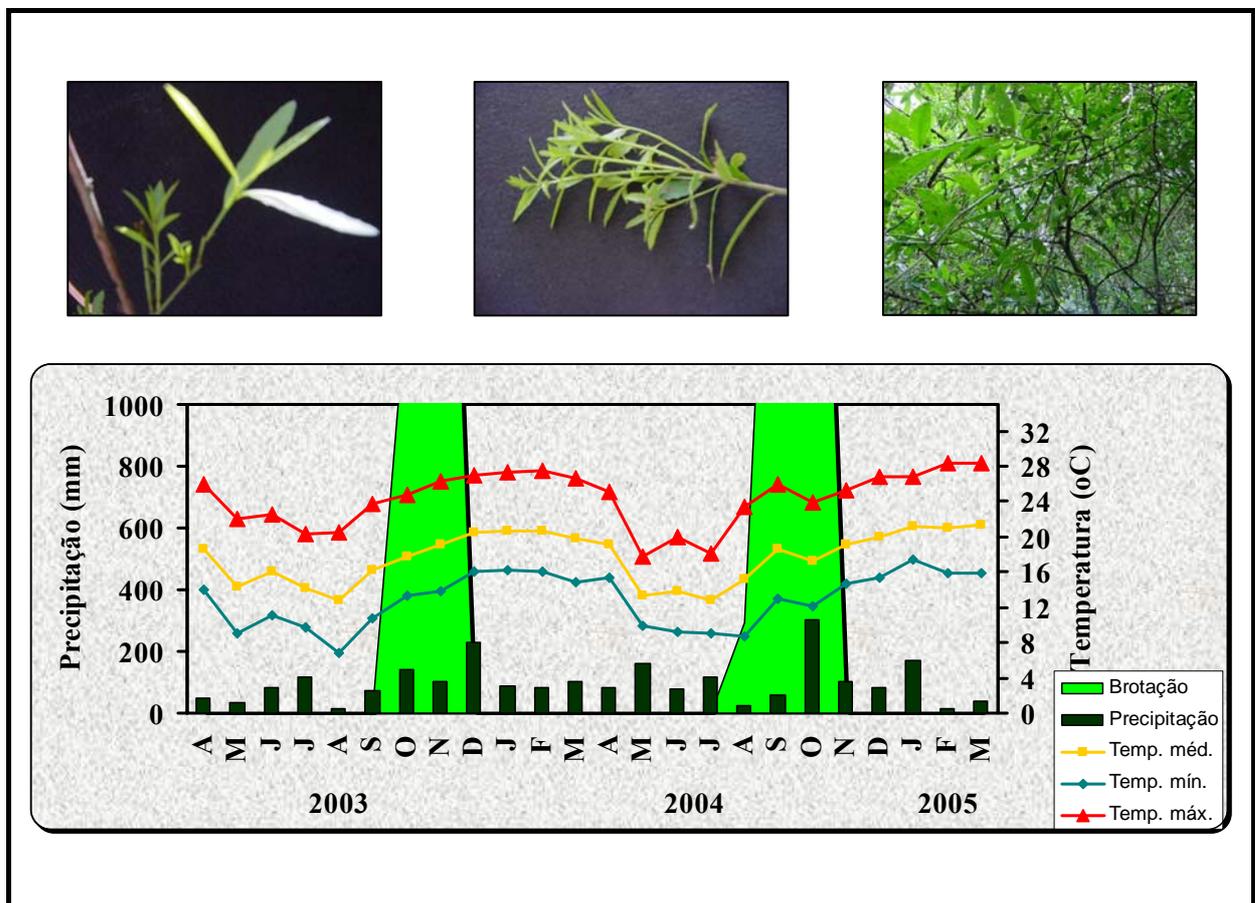


Figura 7: Representação gráfica dos dados climáticos e dados fenológicos da fenofase brotamento para *M. ilicifolia* (N=78). Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

O ciclo reprodutivo de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati ocorreu de julho a fevereiro, nos dois períodos considerados, abril de 2003 a março de 2004 e abril de 2004 a março de 2005 (Tabela 2 e Figura 2).

*M. ilicifolia* foi fiel quanto à época e duração da fase de botão, ocorrendo de julho a outubro em ambos os períodos avaliados. A emissão de botões florais teve início em julho, mês que se caracteriza pela queda das temperaturas máximas, médias e mínimas e precipitação acima de 100 mm, considerando a média dos últimos vinte anos e nos dois anos de acompanhamento neste estudo. Em agosto, mês mais seco e frio, ocorreu um incremento na sincronia da produção de botões (Figura 8). O período de deficiência hídrica, associado ao frio intenso (temperaturas abaixo de zero grau), pode ter tido influência na produção de botões nesta espécie. O máximo na sincronia foi atingido em setembro, coincidindo com o aumento das temperaturas e da precipitação.

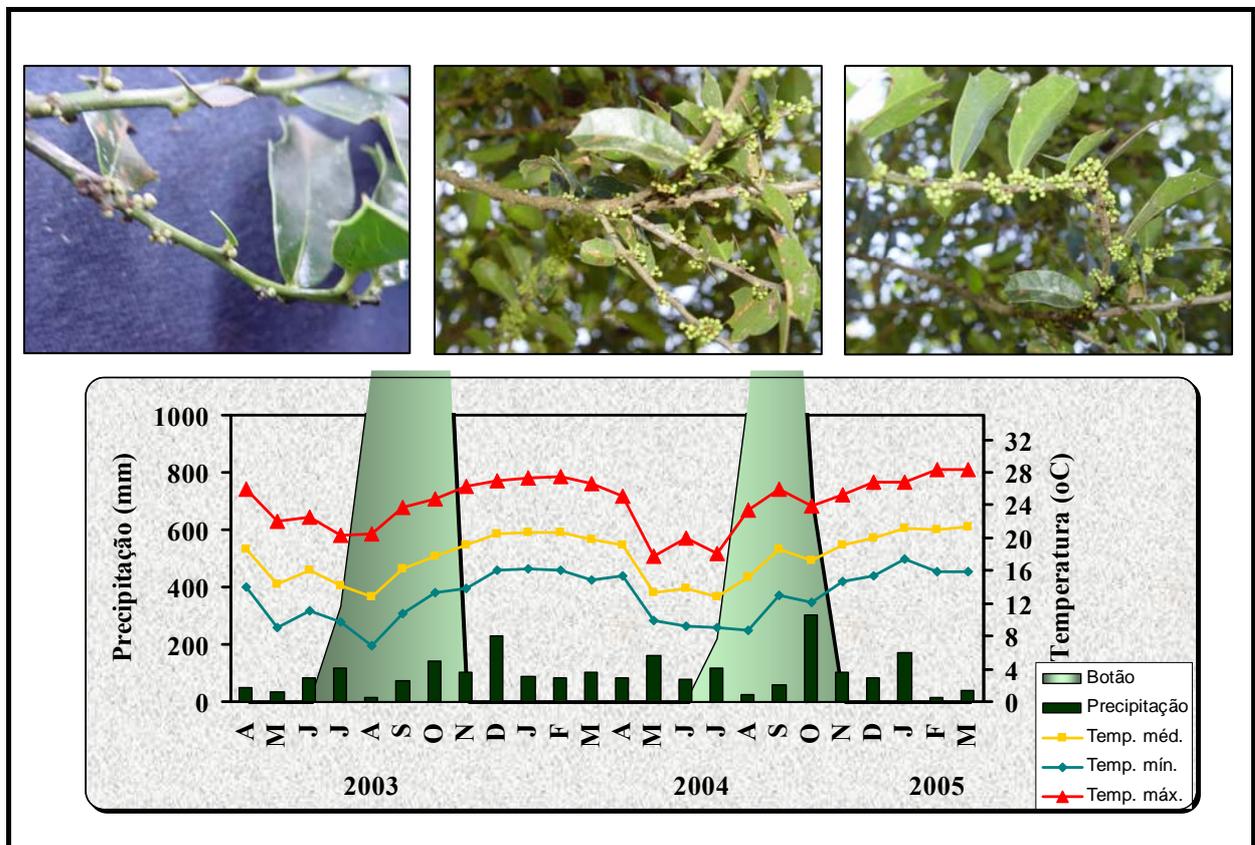


Figura 8: Representação gráfica dos dados climáticos e dados fenológicos da fenofase floração – botão, para *M. ilicifolia* (N=78). Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

*M. ilicifolia*, também, foi fiel quanto à época de início da antese, mas variou na duração e intensidade entre os anos. Em agosto, mês mais seco e frio, ocorreu o início da antese (Figura 9). O período de deficiência hídrica, associado ao frio intenso (temperaturas abaixo de zero grau) em agosto pode ter influenciado o início da antese nesta espécie. Os incrementos na sincronia e na intensidade da antese coincidiram com o aumento da precipitação e das temperaturas, em setembro e outubro de 2003, se estendendo até o mês de dezembro. Entretanto, em outubro de 2004 foi registrada uma queda acentuada nas temperaturas associada à precipitação muito intensa (Figura 9).

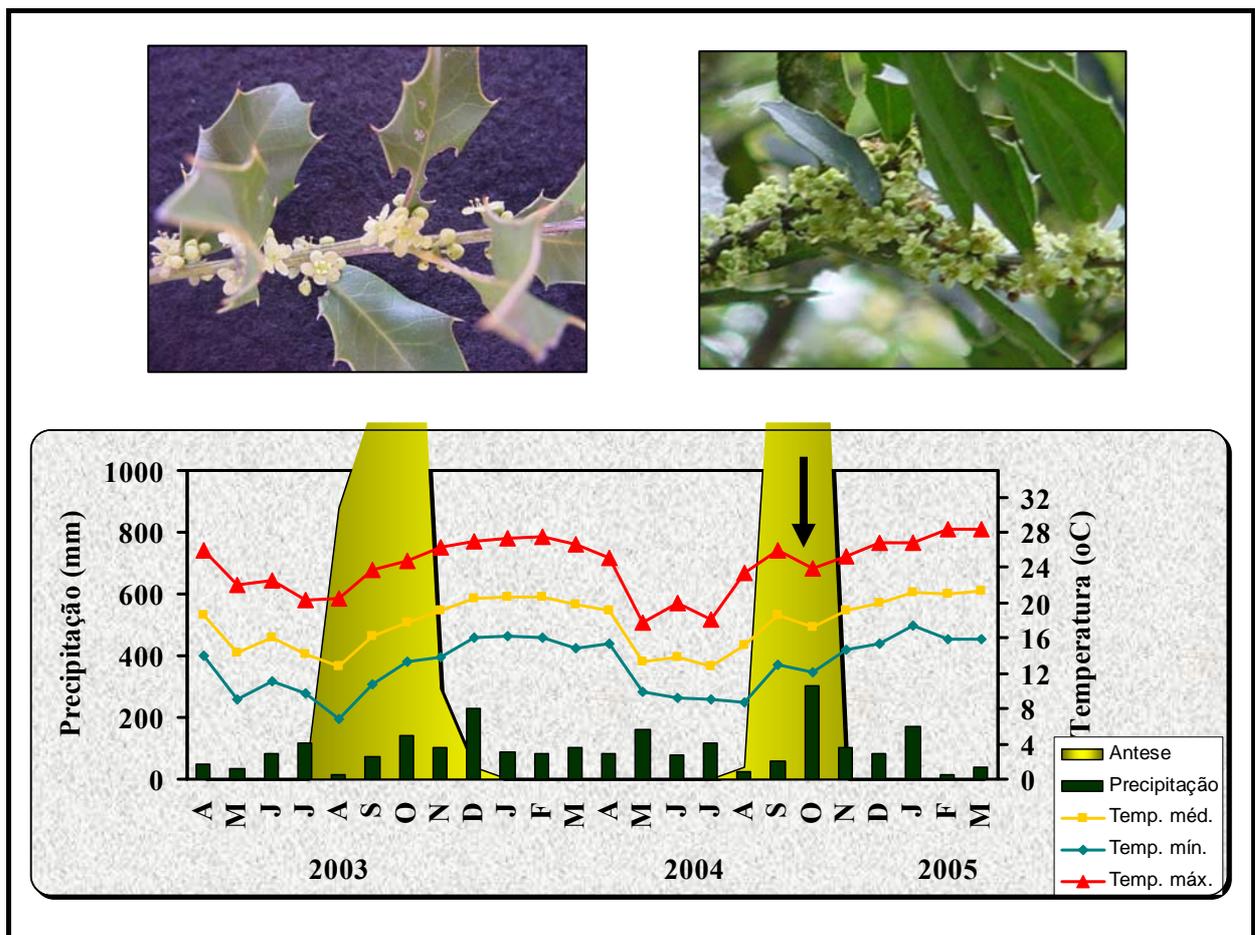


Figura 9: Representação gráfica dos dados climáticos e dados fenológicos da fenofase floração – antese, para *M. ilicifolia* (N=78). Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

Estes eventos climáticos em 2004 podem ter contribuído para a redução do período de florescimento naquele ano (Figura 9), o qual encerrou em outubro, dois meses mais cedo do que no ano anterior. A redução do estresse hídrico ou a queda brusca de temperatura tem sido considerada como os fatores mais importantes na iniciação, duração e sincronização da floração (OPLER et al., 1976; MORELLATO et al., 1989).

*M. ilicifolia* foi fiel quanto à época e duração da frutificação, ocorrendo de outubro a fevereiro nos dois períodos avaliados. A frutificação coincidiu com o período chuvoso e mais quente (Figura 10). Em ambos os períodos, a sincronia e a intensidade da frutificação foram inferiores em outubro, atingindo máximos em novembro e dezembro com o aumento da temperatura e da precipitação. Os frutos amadureceram de novembro a janeiro e neste último, ocorreu o início da dispersão dos frutos maduros de coloração vermelha e com arilo branco exposto. A frutificação em *M. ilicifolia* ocorreu na segunda metade do período com chuvas mais intensas. Bazzaz (1991), com base nos conhecimentos já existentes sobre germinação de sementes e estabelecimento de plantas em florestas naturais, inferiu que em áreas com estação seca amena, as plantas tendem a frutificar no final da estação chuvosa. Deve ser ressaltado que, na região de estudo, a seca é amena e, geralmente, restrita ao mês de agosto. A precipitação mensal acumulada para os demais meses se manteve acima dos 100 mm na análise dos dados meteorológicos dos últimos 43 anos. A dispersão ocorreu mais no final do período mais úmido, nos meses de janeiro e fevereiro, possibilitando que a germinação e o estabelecimento das plântulas ocorressem no período com registros de mais de 100 mm de precipitação mensal acumulada e ainda com temperaturas elevadas. Permite, também, certo desenvolvimento das plântulas, durante um período de 3 até 5 meses, antes da ocorrência das geadas severas nos meses de julho a agosto. Esta estratégia observada em *M.*

*ilicifolia* na Flona de Irati pode ser um fator importante na sobrevivência das plântulas e na manutenção da viabilidade das suas populações naturais.

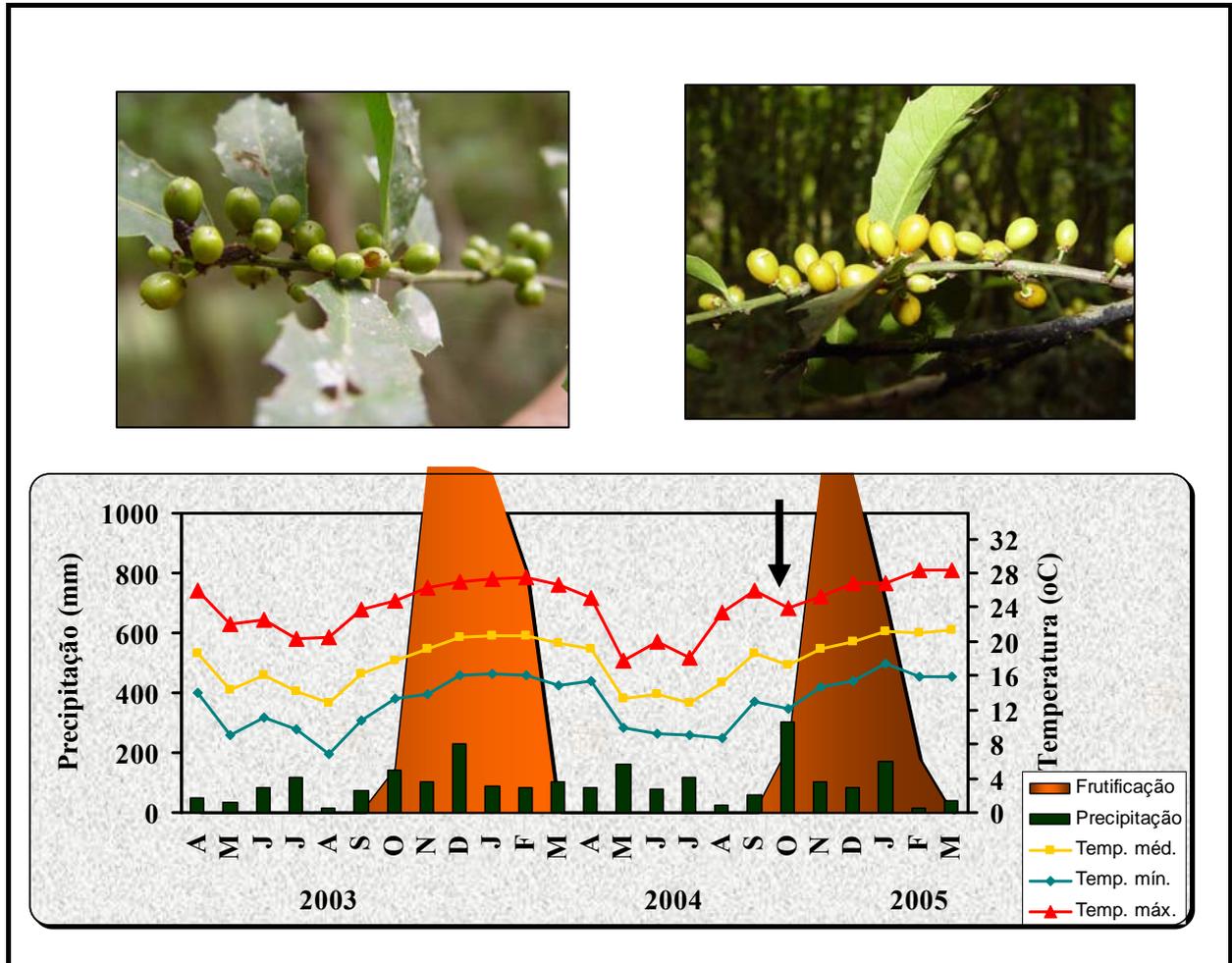


Figura 10: Representação gráfica dos dados climáticos e dados fenológicos da fenofase frutificação, para *M. ilicifolia* (N=78). Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

O amadurecimento e a dispersão dos frutos ocorreram de modo mais acentuado e rápido em 2004-2005, quando comparados ao do período anterior (Figura 10). A queda das temperaturas e o aumento das chuvas em outubro de 2004, associados à subsequente elevação nas temperaturas, contribuíram para acelerar o processo de maturação dos frutos (Figura 10) e, conseqüentemente, antecipar e acelerar o processo de dispersão.

O conhecimento da variação temporal na produção dos frutos é de considerável interesse para as atividades de coleta de sementes destinadas à conservação de germoplasma e na obtenção de sementes para fins de plantios comerciais. Espécies com ciclo reprodutivo anual, podem exibir variação na intensidade de florescimento e de frutificação entre anos (BAWA e KRUGMAN, 1991), conforme foi observado neste estudo para *M. ilicifolia*.

Com relação à presença dos tipos florais em *M. ilicifolia*, denominados tipo floral (1) e tipo floral (2), na proporção 1:1, na população estudada ocorreu somente um tipo floral em cada planta e o mesmo tipo floral em cada indivíduo nos dois períodos avaliados. Steenbook (2003), estudando duas populações de *M. ilicifolia*, detectou a presença de dois tipos florais por indivíduo, na população localizada sobre afloramentos rochosos com restrição edáfica, denominados pelo autor de “tipo floral A” e “tipo floral B”, na proporção 1:1 (tipo A=46,5%; tipo B=53,5%). Os tipos florais “A” e “B”, pela descrição do autor, correspondem aos tipos florais (1) e (2), respectivamente, descritos neste trabalho. O mesmo autor encontrou em outra população, em solos mais férteis e profundos, a presença dos dois tipos florais na mesma planta, o que não foi verificado na população em estudo. Estes resultados sugerem que a presença de tipos florais distintos em indivíduos diferentes, pode estar associada a ambientes com limitações severas, tanto por stress hídrico, por excesso de água nas áreas ciliares, como por restrições edáficas.

A ocorrência de apenas um tipo floral por planta na população avaliada pressupõe a necessidade de fecundação cruzada entre indivíduos, corroborado pelo fato de que nas flores do tipo (1) não foi observado a presença de grãos de pólen, enquanto nas do tipo (2) observou-se uma grande quantidade de grãos de pólen. Estas observações estão coerentes com o estudo de Steenbook (2003), o qual evidenciou a ausência ou inviabilidade dos grãos de pólen nas flores tipo A e a presença de grãos de pólen viáveis nas flores do tipo B. Estas considerações reforçam a necessidade de fecundação cruzada entre indivíduos, pelo

menos para a fecundação das flores tipo (1). Aliado a estes fatos, a perfeita sincronia na antese entre os tipos florais (1) e (2), evidenciada na Figura 11, tanto em relação ao percentual de indivíduos como à intensidade de Fournier, se adequa ao modelo de fecundação cruzada na população de *M. ilicifolia* em estudo.

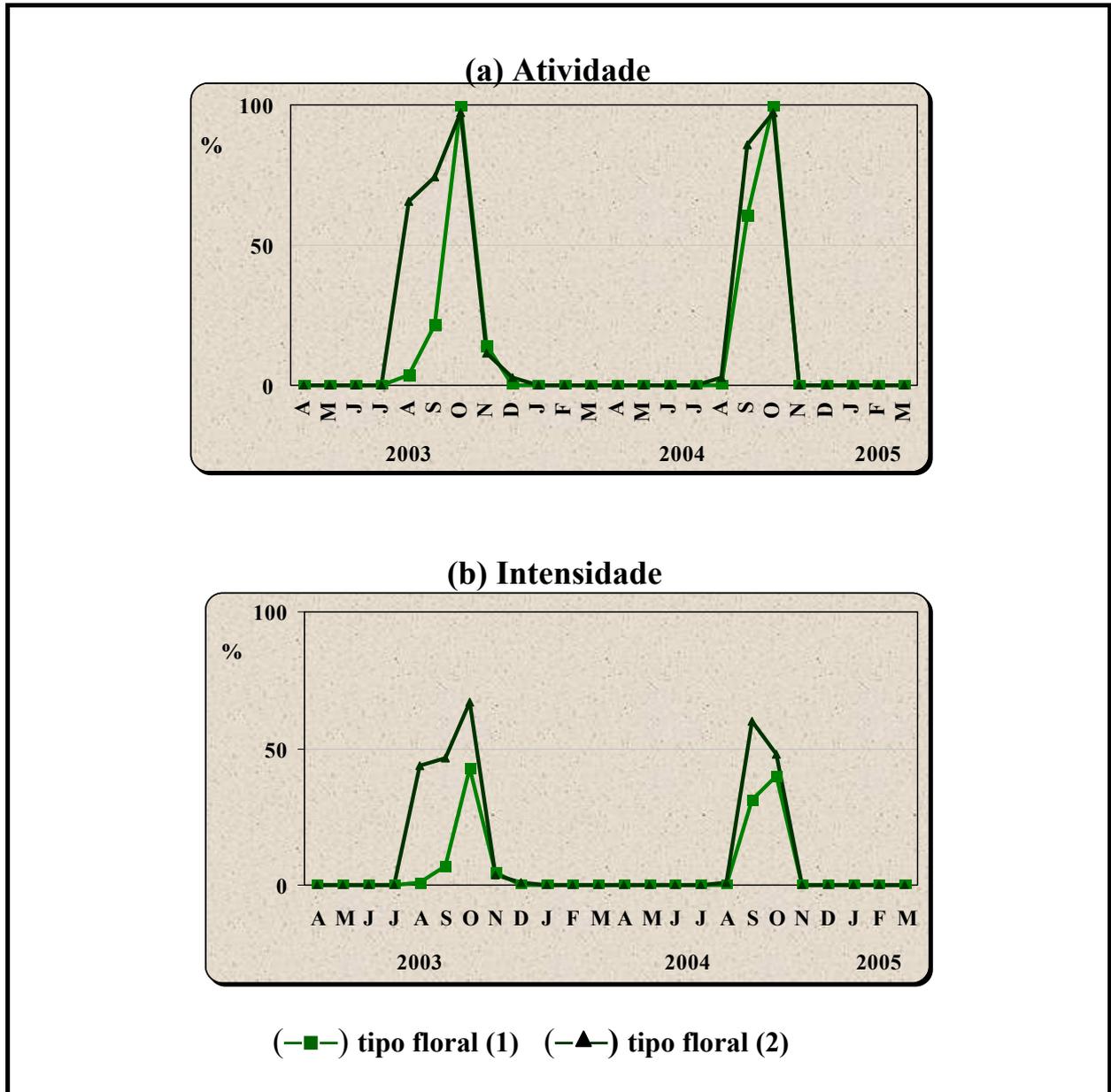


Figura 11: Índice de atividade (a) e percentual de intensidade de Fournier (b) na antese entre as plantas com tipo floral (1) e com tipo floral (2).

A maior parte dos indivíduos com tipo floral (1) produziu frutos, nos dois períodos avaliados. Nestas plantas, observou-se ao final do florescimento um elevado número de flores com o ovário aumentado, indicando fecundação, e, na seqüência, o desenvolvimento normal dos frutos em cerca de 90% dos indivíduos, passando de verde a vermelho-alaranjado, com arilo branco e succulento exposto (Figura 12).

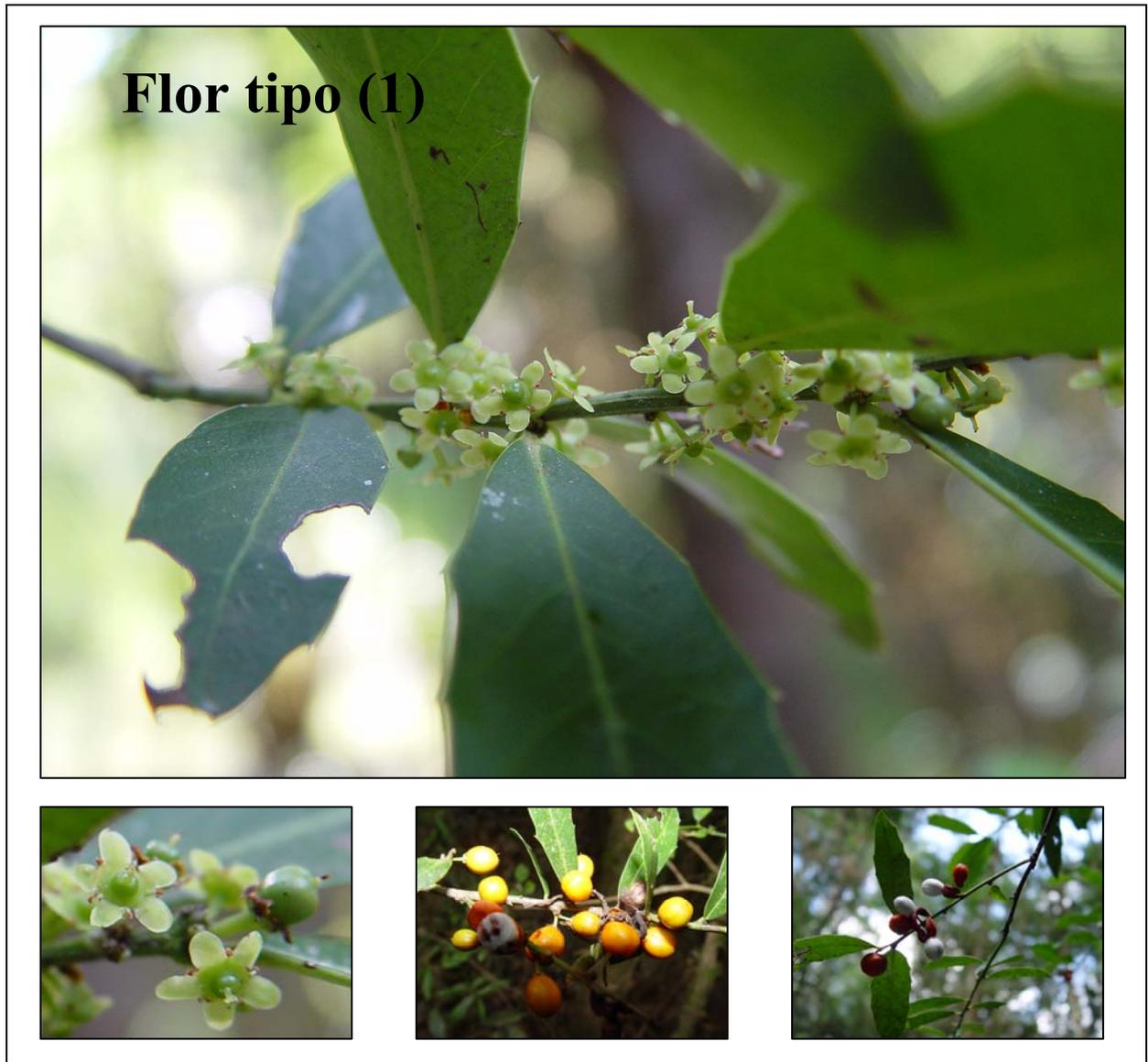


Figura 12: Flor tipo (1) – florescimento e frutificação. Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

Por outro lado, apesar da alta intensidade de florescimento verificada nas plantas com tipo floral (2) nos dois períodos avaliados, a maioria não produziu frutos. Na maioria dos indivíduos, as flores do tipo (2) secaram sem indícios de fecundação (Figura 13)

e, conseqüentemente, sem formação de frutos. Os poucos indivíduos com tipo floral (2) que frutificaram, cerca de 14%, fizeram-no em intensidade muito baixa: produziram de um até quatro frutos, os quais se apresentavam geralmente secos, de colorações castanho-escuras ao final do desenvolvimento. Estes resultados diferem dos encontrados por Steenbook (2003), de frutificação em 60% das plantas, tanto as do tipo floral A (6 em 10 indivíduos) como do tipo B (12 em 20 indivíduos), embora o autor tenha observado que a quantidade de frutos formados por planta foi bastante reduzida.

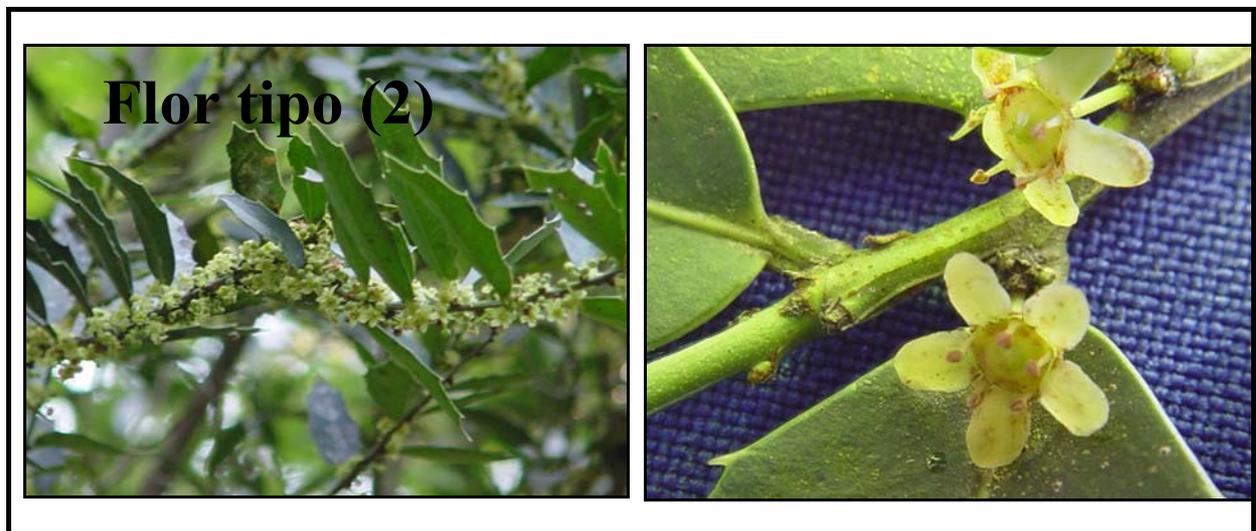


Figura 13: Flor tipo (2) – florescimento. Fotos: Mazza, M.C.M. (2005).

Os resultados deste estudo evidenciaram que, nas populações avaliadas, as flores do tipo (1) comportam-se como funcionalmente femininas e as do tipo (2) como funcionalmente masculinas, doadoras de grãos de pólen. Os poucos frutos produzidos por um reduzido número de indivíduos com flores do tipo (2) podem ser devido à existência, em baixa frequência, de um tipo floral, descrito no trabalho de Carvalho-Okano (1992), com estilete e posição do ovário intermediário aos dois tipos florais. Estes resultados explicam o grande número de flores produzidas por planta e o baixo número de frutos formados em *M. ilicifolia*, conforme mencionado por alguns autores (CARVALHO-OKANO, 1992;

STEENBOOK, 2003). Carvalho-Okano (1992) observou em *M. ilicifolia* a presença de flores com estames praticamente sésseis, adpressos na parede ovariana, com o ovário total ou parcialmente saliente, sugerindo que, provavelmente, estes estames seriam estéreis e estas flores funcionalmente pistiladas. A mesma autora sugeriu que as flores com estames normais, portadoras de um ovário completamente ínfero e totalmente coberto pelo disco, seriam funcionalmente estaminadas e, portanto, doadoras de grãos de pólen. Espécies de *Maytenus* do sudeste dos Estados Unidos foram descritas como bissexuais (monoclinas) ou unissexuais (diclinas), por aborto (BRIZICKY, 1964). Espécies africanas de *Maytenus* são bissexuais (monoclinas) ou funcionalmente unissexuais (diclinas), com estaminódios em flores pistiladas e pistilódios em flores estaminadas (SEBSEBE, 1985).

Os resultados deste estudo sustentam as hipóteses de Carvalho-Okano (1992) de que a redução dos órgãos reprodutivos, ora do androceu, ora do gineceu no gênero *Maytenus*, nas espécies brasileiras extra-amazônicas, provavelmente indicam uma tendência da bissexualidade para a unissexualidade das flores e, até mesmo, dos indivíduos, conforme foi verificado em *M. ilicifolia* da Flona de Irati.

A presença de plantas com flores funcionalmente femininas separadamente das plantas com flores funcionalmente masculinas e o, conseqüente, modelo de fecundação cruzada favorecem a heterozigidade e contribuem para a manutenção de baixos níveis de endogamia. Contudo, estudos em populações naturais de *M. ilicifolia* têm evidenciado elevados coeficientes de endogamia, que tem sido atribuído a um sistema reprodutivo misto, mas apresentando alogamia preferencial (PERECIN et al., 2004) e sugerindo que outros fatores importantes podem estar envolvidos. Segundo Bawa e Krugman (1991), a quantidade de endogamia está associada, também, à configuração espacial das plantas femininas e masculinas e ao parentesco entre elas. Os agrupamentos de *M. ilicifolia* nas áreas ciliares na Flona de Irati apresentam distribuição espacial característica, formada por pequenos

agrupamentos de alta densidade, também observados em outras populações em ambientes restritivos (STEENBOOK, 2003). Nestes agrupamentos de *M. ilicifolia* da Flona de Irati, durante a realização deste estudo, foram encontrados fortes indícios de que a espécie se reproduz, também, de forma vegetativa, por brotamento de raízes, concomitante à reprodução sexuada, o que necessita ser investigado em maior profundidade. A reprodução vegetativa, se confirmada, poderia estar contribuindo para o aumento da homozigose e do parentesco entre os indivíduos, o que justificaria a baixa heterozigosidade e a alta endogamia observadas em outros estudos que consideraram somente a reprodução sexuada na espécie.

## 6.6. REFERÊNCIAS

ALONSO, J. **Tratado de fitomedicina:** bases clínicas y farmacológicas. Buenos Aires: Isis, 1998.

BAWA, K.S. & KRUGMAN, S.L. Reproductive biology and genetics of tropical trees relation to conservation and management. In: GOMÉZ-POMPA; A. WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (Eds). **Rain forest regeneration and management.** Paris: UNESCO/The Parthenon Publishing Group, 1991. p.119-136. (Man and the biosphere series, v.6).

BAZZAZ, F.A. Regeneration of tropical forests: physiological responses of pioneer and secondary species. In: GOMÉZ-POMPA; A. WHITMORE, T.C.; HADLEY, M. (Eds). **Rain forest regeneration and management.** Paris: UNESCO/The Parthenon Publishing Group, 1991. p.91-118. (Man and the biosphere series, v.6).

BENCKE, C.S.C. & MORELLATO, L.P.C. Comparação de dois métodos de avaliação da fenologia de plantas, sua interpretação e representação. **Revista Brasileira de Botânica**, v.25, p.269-275, 2002.

BRIZICKY, G.K. The genera of Celastrales in the Southeastern United States. **Journal Arnold Arboretum**, Harvard University, v.45, p.206-234, 1964.

BORCHET, R. Simulation of rhythmic tree growth under constant conditions. **Physiol. Plant.** V.35, p.152-157, 1973.

CARLINI, E. A. (Coord.). **Estudo da ação antiúlcera gástrica de plantas brasileiras: *Maytenus ilicifolia* (Espinheira-santa) e outras**. Brasília: CEME/AFIP, 1988.

CARVALHO-OKANO, R. M. 1992. **Estudos taxonômicos do gênero *Maytenus* Mol emend. Mol. (CELASTRACEAE) do Brasil extra-amazônico**. Tese de Doutorado, Universidade de Campinas, Campinas.

CARVALHO-OKANO, R. M.; LEITÃO FILHO, H.F.G. O Gênero *Maytenus* Mol. Emend. Mol. (Celastraceae) no Brasil extra-amazônico. In: REIS, M.S.; SILVA, S.R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp.** Espinheira Santa. Brasília: IBAMA, 2004. p.11-51.

CERVI, A. C.; PACIORNIK, E. F.; VIEIRA, R. F.; MARQUES, L. C. Espécies vegetais de um remanescente de floresta de araucária (Curitiba, Brasil): Estudo preliminar I. **Acta Biológica Paranaense**, v.18, p.73-114, 1989.

FOURNIER, L.A. Un método cuantitativo para la medición de características fenológicas en árboles. **Turrialba**, v.24, p.422-423, 1974.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; RODERJAN, C.V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. **Floresta**, v.19, p.30-49, 1989.

ITCF. **Plano de manejo**: Parque Estadual de Caxambu, Castro, PR. Curitiba: ITCF, 1985.

KLEIN, R. M. Árvores nativas da Mata Pluvial da costa atlântica de Santa Catarina. In: Congresso Florestal Brasileiro, 1968. **Contribuições e trabalhos apresentados e pareceres das comissões**. 1968. p. 65-103.

LIETH, H. Introduction to phenology and modeling of seasonality. In: LIETH, H. (ed.). **Phenology and seasonality modeling**. Berlin: Springer Verlag, 1974. cap. 1, p.3-19.

MAZZA, C.A.S. **Caracterização ambiental da microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. 2006. 147p. Tese. (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

MORELLATO, L.P.C., RODRIGUES, R.R., LEITÃO-FILHO, H.F. & JOLY, C.A. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila

semidecídua na Serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v.12, p.85-98, 1989.

MORELLATO, L.P.C.; LEITÃO-FILHO, H.F.; RODRIGUES, R.R. & JOLY, C.A. Estratégias fenológicas de espécies arbóreas em floresta de altitude na serra do Japi, Jundiaí, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, v.50, p.149-162, 1990.

OPLER, P.A., FRANKIE, G.M. & BAKER, H.G. Rainfall as a factor in the release, timing and sincronization of anthesis by tropical trees and shrubs. **J. Biogeogr.** v.3, p.231-236, 1976.

PARANÁ. **Lista vermelha de plantas ameaçadas de extinção no Estado do Paraná.** Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 1995.

PERECIN, M.B.; STEENBOCK, W.; REIS, M.S. Genética de populações de espinheira-santa. In: REIS, M.S.; SILVA, S.R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp. Espinheira Santa.** Brasília: IBAMA, 2004. p.115-144.

RADOMSKI, M.I.; PERECIN, M.B.; STEENBOCK, W. Aspectos ecológicos de espécies de espinheira-santa. In: REIS, M.S.; SILVA, S.R. (Org.). **Conservação e uso sustentável de plantas medicinais e aromáticas: *Maytenus* spp. Espinheira Santa.** Brasília: IBAMA, 2004. p.93-114.

ROSA, S.G.T. Caracterização das sementes de *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reiss, espinheira santa e viabilidade de sua propagação sexuada. In: Ming, L.C.; Scheffer, M.C.; Corrêa Junior, C.; Barros, I.B.I. de; Mattos, J.K.de A (eds.). **Plantas medicinais aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agrônômica**. Botucatu: UNESP, 1998. p.3-52. v.2.

SEBSEBE, D. The genus *Maytenus* (Celastraceae). In: NE Tropical Africa and tropical Arabia. **Symbolae Botanicae Upsaliensis**, v.25, p.1-101,1985.

SMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2004. **Resolução SMA48**, de 21/9/04. Disponível em <[http://www.ibot.sp.gov.br/resolucao\\_sma48/resolucao48.htm](http://www.ibot.sp.gov.br/resolucao_sma48/resolucao48.htm)>. Acesso em: 31 out.2005.

SIMÕES, C.M.O; MENTZ, L.A; IRGANG, B.E.; STEHMANN, J.R. **Plantas da medicina popular do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1988.

STEENBOCK, W. **Fundamentos para o manejo de populações naturais de espinheira-santa, *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. (Celastraceae)**. 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Genéticos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

VIEIRA, R. F.; SILVA, S.R.; ALVES, R. de B. das N.; SILVA, D.B. da; WETZEL, M.M. da S.; DIAS, T.A.B.; UDRY, M.C.; MARTINS, R.C. (Eds.). **Estratégias para conservação e manejo de recursos genéticos de plantas medicinais e aromáticas: resultados da 1ª reunião técnica.**, Brasília: Embrapa/ IBAMA/ CNPq, 2002.

**7. CAPÍTULO 3 – DINÂMICA POPULACIONAL DE *Maytenus ilicifolia* Mart. ex  
Reiss. (CELASTRACEAE) NA FLORESTA NACIONAL DE IRATI – PR**

## 7.1. RESUMO

Aspectos da dinâmica foram estudados em dois grupos de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reiss. na Floresta Nacional de Irati, um deles localizado em áreas alagáveis (AA) e o outro em áreas não alagáveis (ANA). Todos os indivíduos da espécie em estudo foram marcados com plaquetas metálicas numeradas. Censos pré-reprodutivos foram realizados anualmente, em 2004, 2005 e 2006, registrando-se o ingresso de novos indivíduos. Os indivíduos foram agrupados em cinco classes de desenvolvimento. Foram estimadas as taxas de mortalidade, as taxas de incremento anual e foi construída uma matriz de transição para estimativa da taxa de crescimento finita ( $\lambda$ ). As taxas de recrutamento e mortalidade variaram entre áreas e anos, enquanto  $\lambda$  foi menor que 1 em ambas as áreas, indicando que, se os parâmetros fossem mantidos constantes como os do período avaliado, a população total de *M. ilicifolia*, bem como nos grupos, na Flona de Irati tenderia a diminuir.

## 7.2. INTRODUÇÃO

Não obstante a importância da biodiversidade das Florestas do ponto de vista ambiental, sócio-cultural e econômico, as áreas remanescentes no mundo ainda estão sob forte pressão, em rápido processo de degradação (MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2006). No Brasil, considerado detentor da maior biodiversidade do Planeta, a situação não é diferente, vários ecossistemas encontram-se degradados devido ao avanço da agricultura, à extração seletiva de espécies e à expansão de áreas urbanas (BRASIL, 1998; 1999).

Na Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), de modo semelhante a outras formações, além da excessiva fragmentação devido à ocupação e utilização das terras, muitas espécies arbóreas foram intensivamente exploradas para fins madeireiros, no passado, levando à exaustão de suas populações. Na atualidade, várias outras espécies de valor medicinal, alimentício e industrial continuam sendo extraídas, e algumas delas já se encontram sob risco de extinção. A recente expansão do mercado de plantas medicinais, vem contribuindo para a degradação e extinção de espécies em ambientes naturais, uma vez que, na maioria dos casos, a matéria-prima é obtida exclusivamente por coleta nos remanescentes.

As unidades de conservação assumem um papel fundamental na conservação dos ecossistemas, comunidades e espécies, mas, ainda hoje, no Brasil, a composição e a magnitude da biodiversidade nas áreas protegidas são pouco conhecidas. Em termos de espécies medicinais, não existem trabalhos sistemáticos de levantamentos, de representatividade das populações, estudos sobre características ecológicas e demográficas e sobre a variação genética, que embasem a conservação *in situ* destas espécies nas Unidades de Conservação. Faltam estudos que abordem aspectos da biologia de populações, como estrutura, dinâmica e biologia reprodutiva (MING et al., 2003; HAMILTON, 2004).

Os estudos demográficos focalizam especialmente a variação nas taxas de nascimento e mortalidade, e, conseqüentemente, na estrutura das populações, a qual pode causar, em populações pequenas ou isoladas, a extinção ou o declínio nos chamados níveis quase extintos (IWASA e MOCHIZUKI, 1988; MCGRAW e GARBUTT, 1990). Investigações demográficas fornecem componentes importantes para a análise da dinâmica de populações, a qual avalia a influência dos parâmetros demográficos sobre a taxa de crescimento  $\lambda$ , por meio da análise da matriz de elasticidade. Estudos demográficos fornecem, também, a base para a Análise da Viabilidade de Populações (PVA) de espécies arbóreas e arbustivas visando delinear critérios de conservação e manejo dos recursos florestais (MENGES e DOLAN, 1998; PFAB e WITKOWSKI, 2000; SILVERTOWN et al., 1993).

O objetivo deste estudo foi analisar aspectos da dinâmica de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, para estabelecer diretrizes para a conservação *in situ*.

### 7.3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### Área de estudo

Este trabalho foi realizado na Floresta Nacional de Irati (Flona de Irati), uma Unidade de Conservação Federal de Utilização Sustentável, criada como Parque Florestal, em 1946, e transformada em Flona em 1968. A Flona de Irati, com 3.618,21ha, está situada nos Municípios de Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares (Figura 1), tendo como limite os municípios de Imbituva e Irati, no Segundo Planalto Paranaense, Microrregião Colonial de Irati, na coordenada 25°21' de latitude sul e 50°35' de longitude oeste (MAZZA, 2006). Esta região está inserida na bacia do rio Tibagi, na área do Domínio da Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária), floresta tipicamente dominada pela espécie *Araucaria angustifolia*

(Bertoloni) Otto Kuntze (pinheiro-do-paraná; pinheiro-brasileiro), que ocupa o extrato superior nas áreas naturais (GALVÃO et al., 1989). Segundo Köppen, o clima regional é do tipo Cfb - Subtropical Úmido Mesotérmico, caracterizado por verões frescos, geadas severas e freqüentes e sem estação seca.

#### Coleta de dados

Para estudar a dinâmica de *M. ilicifolia*, foram considerados dois grupos na Flona de Irati, definidos no Capítulo 1: AA - reúne os agrupamentos localizados nas áreas alagáveis, onde foram registrados níveis de inundação, nas máximas pluviométricas, variando entre 1,0 e 1,45m de altura; ANA - inclui o agrupamento localizado em áreas não alagáveis, em plantios de *Eucalyptus* spp e de *Pinus* spp.

Nos dois grupos, AA e ANA, todos os indivíduos de *M. ilicifolia* foram marcados com plaquetas metálicas numeradas. Os censos foram realizados anualmente ( $C_0$ ,  $C_1$  e  $C_2$ ), sempre antecedendo a dispersão dos frutos (pré-reprodutivos), em janeiro de 2004 ( $t_0$ ), 2005 ( $t_1$ ) e 2006 ( $t_2$ ), e nos dois últimos, registrou-se o ingresso de novos indivíduos. Durante os censos, também, todos os indivíduos foram medidos em altura (comprimento total) e diâmetro do caule à altura do solo (DAS).

A presença ou ausência de flores/frutos foi registrada em todos os indivíduos, de julho de 2003 a março de 2005. A contagem total dos frutos foi efetuada diretamente em cada indivíduo frutificando, no início do mês de dezembro de 2004, quando os frutos apresentavam-se alaranjados. Um censo complementar pós-reprodutivo foi realizado em fevereiro/março de 2005, registrando-se o ingresso das plântulas.

Dados meteorológicos diários das temperaturas máxima, mínima e média, da precipitação e da umidade do ar, referentes ao período de abril de 2003 até março de 2006,

foram obtidos da Estação Meteorológica de Fernandes Pinheiro, localizada na vizinhança da Flona de Irati, fornecidos pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR.

### Análise dos dados

Nas análises dos dados, foram considerados os dois grupos, AA e ANA separadamente, e o conjunto dos dois, denominado “população total” da Flona de Irati.

Com base nos resultados do estudo sobre estrutura de tamanho descrito no capítulo 1 e no fato do período do censo ter sido pré-reprodutivo, os indivíduos foram agrupados nos seguintes estádios de desenvolvimento: 1. Jovem ingressante (JI) – refere-se aos indivíduos que não estavam presentes no censo anterior e ingressaram no período entre dois censos, tendo até 1 ano de vida. Os indivíduos deste estádio podem ter sido originados de semente ou de propagação vegetativa; 2. Jovem (J) – inclui os indivíduos que já estavam presentes no primeiro censo ou no anterior, com altura inferior a 0,50 m. Esta classe pode incluir, também, além dos jovens, alguns indivíduos quebrados com altura inferior a 0,50 m; 3. Imaturo (IM) – indivíduos de altura igual ou superior a 0,50 m e menor que a próxima classe (0,77cm de DAS ou 1,37m de altura), e que ainda não se reproduziram; 4. Adulto vegetativo (AV) – indivíduos que apresentaram DAS e altura iguais ou maiores que o menor indivíduo reprodutivo ( $DAS \geq 0,77$  cm e altura  $\geq 1,37$  m), mas que não se reproduziram no período de coleta de dados. Este estádio englobou indivíduos que ainda não se reproduziram (virgens) e tem possibilidade de incluir, também, alguns indivíduos que podem ter se reproduzido em períodos anteriores ao deste estudo; 5. Adulto reprodutivo (AR) - caracterizado pela presença de flor durante o período de coleta de dados. Plântulas (indivíduos recém germinados, que se apresentavam com folhas ou cicatrizes cotiledonares) não foram

incluídas nas análises utilizando modelo matricial, devido aos censos terem ocorrido nos períodos que antecedem a dispersão dos frutos (censo pré-reprodutivo).

Neste estudo, as taxas anuais de mortalidade para os estádios, nos anos de 2004 e 2005, foram calculadas para os dois grupos e a população total, utilizando o método de Primack et al. (1985),  $m_i$ , considerado o mais correto para estimativa da taxa de mortalidade (SHEID; BURSLEM; ADLER, 1995). Para permitir comparação com a literatura, entretanto, a mortalidade também será calculada pelo método de Lieberman et al. (1985),  $m_\lambda$ , por ser a fórmula utilizada pela maioria dos trabalhos de demografia em plantas (LIEBERMAN e LIEBERMAN, 1987; CLARK e CLARK, 1992; CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1995; FONSECA, 2001). Segundo Sheid; Burslem; Adler (1995), apesar do uso generalizado, este último método traz problemas sérios na estimativa da mortalidade quando se tem altas taxas de mortalidade, como nos estudos envolvendo estádios iniciais. Considerando-se que  $\Delta t = 1$ , neste estudo, as fórmulas referentes aos métodos citados acima são:  $m_\lambda = -\ln((N_t - M)/N_t)$  e  $m_i = M_i/N_{0i}$ .

A taxa de incremento anual avalia o balanceamento das taxas de mortalidade e recrutamento de jovens, imaturos, adultos vegetativos e adultos reprodutivos, sendo então calculada para cada estádio nos dois grupos, AA e ANA, e na população total.

A taxa de incremento anual ( $r$ ) foi calculada segundo a equação:

$$r = \ln(N_{t+1}/N_t) / \Delta t$$

Onde  $N_{t+1}$  é o número de indivíduos no final do período e  $N_t$  é o número de indivíduos no início do período considerado.

Valores de  $r = 0$  indicam estabilidade populacional; valores de  $r > 0$  indicam aumento da população e de  $r < 0$  indicam declínio populacional (FONSECA, 2001).

Para o estudo de dinâmica, os dados dos censos realizados em 2005 ( $t_1$ ) e 2006 ( $t_2$ ), foram usados para obter o gráfico do ciclo da vida de acordo com Caswell (1989), sintetizando todas as possíveis transições dentro e entre estádios. A partir deste, matriz de transição de *M. ilicifolia*, para cada grupo AA e ANA e para a população total, foi construída de acordo com o modelo de Lefkovitch (1965), para estimar a taxa de crescimento finita da população ( $\lambda$ ). Foram estimados, também, a estrutura estável e o valor reprodutivo para cada estádio. As estimativas foram feitas utilizando-se o software RAMAS-GIS, versão 4.0 (ALÇAKAYA, 2002). Valores de  $\lambda < 1$ , indicam declínio populacional, valores de  $\lambda > 1$  indicam crescimento populacional e  $\lambda = 1$  indica estabilidade da população.

Em consequência do censo ter sido realizado imediatamente antes do período de dispersão dos frutos (pré-reprodutivo), as plântulas não foram incluídas no gráfico do ciclo da vida e, conseqüentemente, na matriz, pois os ingressantes, no momento de cada censo, se encontravam sem as características inerentes ao estádio plântula (presença de folhas cotiledonárias). Em decorrência do censo pré-reprodutivo, também, os ingressantes no estádio jovem inicial (JI) no censo de janeiro de 2005, originados a partir de reprodução sexuada, foram gerados no período reprodutivo de julho de 2003 a fevereiro de 2004. Da mesma forma, aqueles que ingressaram no mesmo estádio em janeiro de 2006, foram gerados no período reprodutivo de julho de 2004 a fevereiro de 2005. Segundo informações da literatura as sementes de *M. ilicifolia* deterioram e perdem a viabilidade após 60 dias em condições de laboratório (ROSA, 1998) e, portanto, foi assumido que a espécie não constitui banco de sementes.

A partir da matriz de transição, foram construídas as matrizes de sensibilidades e de elasticidades, utilizando o software RAMAS-GIS versão 4.0 (ALÇAKAYA, 2002). A

análise de sensibilidade estima o impacto de uma mudança absoluta nas taxas vitais sobre  $\lambda$ , ou seja, é a contribuição de cada alteração das taxas vitais sobre  $\lambda$  e pode, portanto, assumir qualquer valor. A análise de elasticidade estima os efeitos de uma mudança proporcional nas taxas vitais sobre  $\lambda$ , ou seja avalia a contribuição de cada uma das transições para o valor da autocorrelação dominante. A soma das elasticidades é igual à unidade. (CASWELL, 1989).

#### 7.4. RESULTADOS

O conjunto de todos os agrupamentos de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati, avaliados neste estudo, continha 857 indivíduos em 2005 ( $t_1$ ) e diminuiu para 806 indivíduos em 2006 ( $t_2$ ). A distribuição destes indivíduos nos dois grupos era a seguinte: em AA, havia 528 em 2005 e em 2006, foram contados 504 indivíduos; em ANA, o número de indivíduos passou de 329 para 302.

Em cada censo, observou-se que os dois grupos e, conseqüentemente, a população total de *M. ilicifolia* era constituída de indivíduos que haviam ingressado no intervalo entre os dois censos, os quais compunham o estágio jovem ingressante (JI), e indivíduos sobreviventes que estiveram presentes no censo anterior, integrando os demais estádios: jovem (J), imaturo (IM), adulto vegetativo (AV) e adulto reprodutivo (AR). As distribuições dos indivíduos sobreviventes nos estádios, em cada censo (2005 e 2006), encontram-se na Figura 1.

Nos dois censos, para a população total e AA, os jovens ingressantes (JI) representaram a menor proporção da população total, 15,52% em 2005 e 10,17% em 2006, enquanto os jovens compunham a maior porção da população, representando 28,47% e 33,50%, respectivamente. Esta situação foi verdadeira em ANA, somente no censo de 2006,

enquanto no anterior, a proporção de jovens ingressantes foi maior, superando a dos adultos reprodutivos (Figura 1).

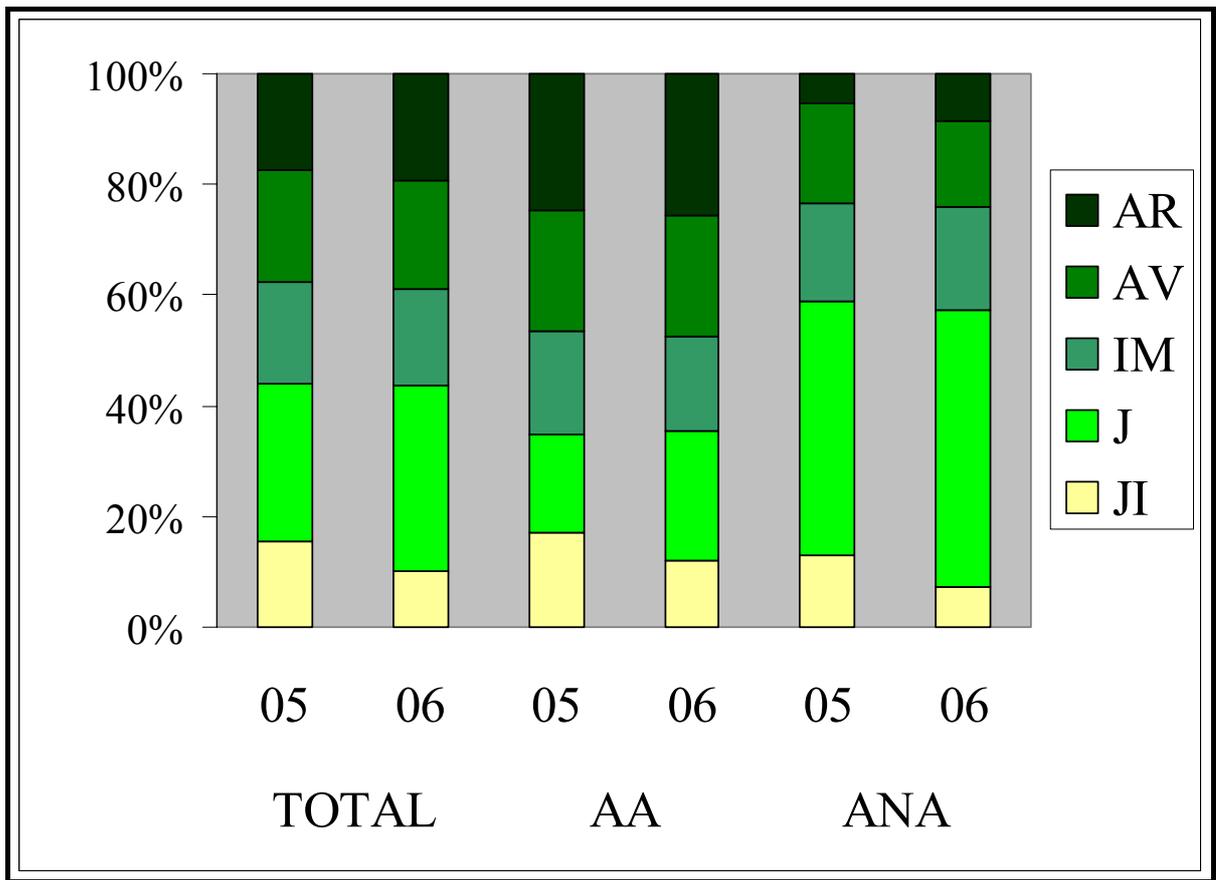


Figura 1: Distribuição dos indivíduos (%) nos estádios de desenvolvimento de *M. ilicifolia*, na população total, AA e ANA, na Flona de Irati, em 2005 e 2006.

Dos jovens ingressantes em 2005, na população total, 86,47% dos indivíduos foram originados por propagação vegetativa, principalmente, de indivíduos dos estádios J, IM, AV e raramente de AR, enquanto os outros 13,53% tiveram sua origem na reprodução sexuada, a partir das sementes dos adultos reprodutivos. Em 2006, a situação se alterou, 62,20% dos ingressantes vieram de sementes, enquanto os 37,80% restantes tiveram origem na reprodução vegetativa. Nos anos de 2004 e 2005 foram produzidos 2.642 e 2.941

sementes, respectivamente, na população total. Na análise dos grupos observa-se em AA que, em 2005, 80,00% dos indivíduos foram originados de propagação vegetativa e, em 2006, 85,00% ingressaram via semente, enquanto em ANA 100% dos indivíduos foram formados por propagação vegetativa, não sendo registrado ingressos via semente.

Tabela 1: Taxas anuais de mortalidade nos estádios de desenvolvimento de *M. ilicifolia*, na população total, AA e ANA, na Floresta Nacional de Irati, durante 2004 e 2005, utilizando o método de Primack et al. (1985) ( $m_i$ ) e de Lieberman et al. (1985) ( $m_\lambda$ )

Grupos	Estádios*	2004		2005	
		$m_i$	$m_\lambda$	$m_i$	$m_\lambda$
TOTAL	PL	-	-	72,86	130,41
	JI	-	-	34,59	42,44
	J	19,87	22,15	29,51	34,97
	IM	4,27	4,36	6,33	6,54
	AV	0,00	0,00	2,30	2,33
	AR	0,00	0,00	0,00	0,00
AA	PL	-	-	72,86	130,41
	JI	-	-	42,22	54,86
	J	23,48	26,76	37,63	47,22
	IM	3,54	3,60	7,00	7,26
	AV	0,00	0,00	2,61	2,64
	AR	0,00	0,00	0,00	0,00
ANA	PL	-	-	-	-
	JI	-	-	18,60	20,59
	J	17,71	19,49	24,50	28,11
	IM	5,88	6,06	5,17	5,31
	AV	0,00	0,00	1,69	1,71
	AR	0,00	0,00	0,00	0,00

\*PL – plântula; JI – jovem ingressante; J – jovem; IM – imaturo; AV – adulto vegetativo; AR – adulto reprodutivo.

De 2005 para 2006, em AA, ANA e na população total, as taxas de mortalidade foram decrescentes na medida em que os estádios avançaram (Tabela 1). Não foi registrada mortalidade no estágio adulto reprodutivo no período deste estudo. Padrão semelhante foi observado, no ano anterior, porém de menor magnitude nos estádios (Tabela 1). Nos grupos, os valores das taxas de mortalidade em AA foram de 35 até 100% maiores que os de ANA. Os valores das taxas de mortalidade calculada pelos dois métodos encontram-se na Tabela 1.

Com base nos dados do censo complementar pós-reprodutivo realizado em fevereiro/março de 2005 para avaliar as plântulas, em comparação com os jovens ingressantes no censo de 2006, a mortalidade das plântulas no período foi de 72,86% (Tabela 1). Este é um parâmetro que não aparece explicitamente nos censos pré-reprodutivos, mas esta mortalidade, de magnitude considerável, já está computada nos jovens ingressantes sobreviventes. O ingresso de plântulas foi observado somente em AA, não tendo sido registrado em ANA.

Durante o período de estudo, observou-se, que, em relação ao censo anterior, os sobreviventes podiam permanecer no mesmo estágio (permanência), regredir a um estágio anterior (regressão) ou progredir para um estágio posterior (progressão). A maioria dos jovens ingressantes em 2005, sobreviventes, no ano seguinte, progrediu para o estágio jovem, mas 2,26% migraram direto para o estágio imaturo, por ter atingido 0,50m ou mais de altura. Nos estádios seguintes, a maior parte dos indivíduos sobreviveu e permaneceu no mesmo estágio que estava no ano anterior (Figura 2). A menor proporção de permanência no mesmo estágio ocorreu no estágio jovem (68,44%), devido principalmente à alta taxa de mortalidade (29,51%). Somente 2,05% dos jovens progrediram para o estágio seguinte, IM, alcançando o mínimo de 0,50m de altura. No estágio imaturo, 12,03% dos indivíduos regrediram ao estágio jovem, e no adulto vegetativo, 3,45% regrediram ao estágio imaturo. Em ambos os casos, a

parte superior do caule secou, acarretando na redução da altura, abaixo do limite inferior do seu estágio.

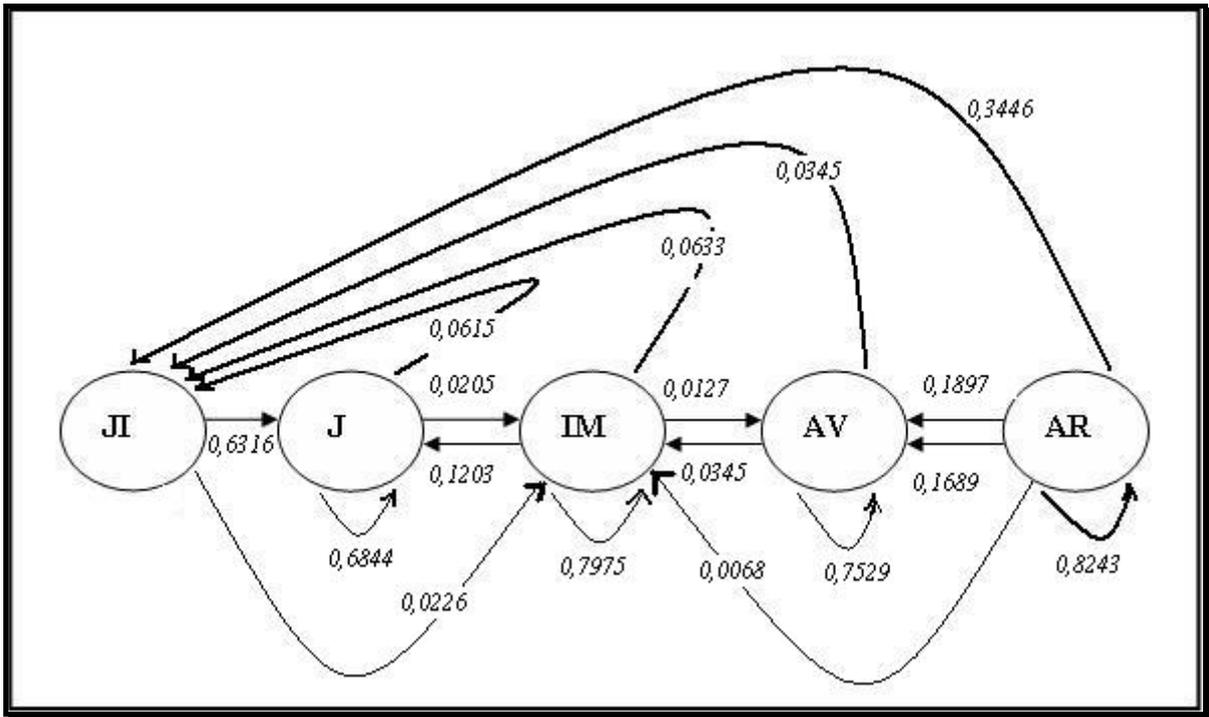


Figura 2: Gráfico do ciclo de vida de *M. ilicifolia* na Flona de Irati

Considerando o número de indivíduos em  $t_0$ ,  $t_1$  e  $t_2$ , o número de mortos e ingresso em cada estágio, as taxas anuais de incremento populacional ( $r$ ) entre  $t_0$  e  $t_1$  ( $r_1$ ) e entre  $t_1$  e  $t_2$  ( $r_2$ ), para a população total, AA e ANA estão descritas na Tabela (2). Observa-se uma grande variação entre estádios e entre anos, em cada estágio.

Tabela 2: Taxas anuais de incremento populacional nos estádios, para a população total, AA e ANA, nos períodos 2004-2005 e 2005-2006.

Grupo	Estádios*	2004-2005 ( $r_1$ )	2005-2006 ( $r_2$ )
TOTAL	JI	-	-0,4836
	J	-0,2297	0,1013
	I	-0,0373	-0,1138
	AV	0,0116	-0,0965
	AR	0,0068	0,0462
AA	JI	-	-0,4055
	J	-0,2123	0,2465
	IM	-0,1222	-0,1625
	AV	0,0264	-0,0354
	AR	0,0077	-0,0077
ANA	JI	-	-0,6702
	J	-0,2402	0,0000
	IM	0,1286	-0,0351
	AV	-0,0168	-0,2274
	AR	0,0000	0,3677

\*PL – plântula; JI – jovem ingressante; J – jovem; IM – imaturo; AV – adulto vegetativo; AR – adulto reprodutivo.

O gráfico do ciclo de vida para a população total (Figura 2), corresponde à matriz descrita na Tabela 3 para a população total. As matrizes de transição para AA e ANA, também, encontra-se na Tabela 3. Na análise dos modelos matriciais, as taxas de crescimento finita da população,  $\lambda$ , para o período  $t_1$  e  $t_2$  (2005 e 2006), foram iguais a 0,9737, 0,9773 e 0,9753, respectivamente, para a população total, AA e ANA, indicando que, se os parâmetros

fossem mantidos constantes como os do período avaliado, a população total de *M. ilicifolia*, bem como nos grupos, na Flona de Irati tenderia a diminuir.

Tabela 3: Matriz de transições anuais obtida para *Maytenus ilicifolia*, considerando a população total, Áreas alagáveis (AA) e áreas não alagáveis (ANA) na Flona de Irati.

População total					
Estádios* em t + 1	Estádios* no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0000	0,0615	0,0633	0,0345	0,3446
J	0,6316	0,6844	0,1203	0,0000	0,0000
IM	0,0226	0,0205	0,7975	0,0345	0,0068
AV	0,0000	0,0000	0,0127	0,7529	0,1689
AR	0,0000	0,0000	0,0000	0,1897	0,8243

Áreas alagáveis (AA)					
Estádios em t + 1	Estádios no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0000	0,0430	0,0300	0,0174	0,3923
J	0,5778	0,6129	0,1000	0,0000	0,0000
IM	0,0000	0,0108	0,8100	0,0174	0,0077
AV	0,0000	0,0000	0,0100	0,7565	0,1769
AR	0,0000	0,0000	0,0000	0,2000	0,8154

Áreas não alagáveis (ANA)					
Estádios em t + 1	Estádios no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0000	0,0662	0,1207	0,0678	0,0556
J	0,7442	0,7284	0,1552	0,0000	0,0000
IM	0,0698	0,0265	0,7759	0,0678	0,0000
AV	0,0000	0,0000	0,0172	0,7458	0,1111
AR	0,0000	0,0000	0,0000	0,1695	0,8889

\*PL – plântula; Jl – jovem ingressante; J – jovem; IM – imaturo; AV – adulto vegetativo; AR – adulto reprodutivo.

A análise das elasticidades obtidas para *M. ilicifolia* na Flona de Irati indica que a permanência de indivíduos no estágio adulto reprodutivo (AR) é o que mais influencia o valor de  $\lambda$ , sendo responsável por 49,12%, 47,71% e 63,46% da elasticidade total (Tabela 4), seguido da permanência no estágio adulto vegetativo (AV), responsável por 30,77%, 32,65% e 20,88% da elasticidade total, respectivamente, na população total, AA e ANA. As migrações entre estes dois estádios foram, também, importantes na determinação de  $\lambda$ , pois a progressão de AV para AR contribuiu com 8,91%, 9,47% e 6,17% e a regressão de AR para AV com 8,76%, 9,42% e 6,10% da elasticidade total, respectivamente, na população total, AA e ANA. Juntas, estas quatro transições foram responsáveis por 97,56%, 99,22% e 96,61% da elasticidade total, na população total, AA e ANA.

Por meio da análise de sensibilidade nota-se que uma das possibilidades de minimizar o processo de diminuição da população seria aumentar as probabilidades de permanências dos adultos, tanto vegetativo como reprodutivo, nos seus respectivos estádios e a migração entre estes. Aumentar a probabilidade de transição de imaturo para adulto vegetativo e reprodutivo também é apontado como um meio de reverter o quadro de decréscimo populacional. Outras transições apresentam, também, altas sensibilidades, como de jovem para adulto vegetativo e reprodutivo (Tabela 5).

Tabela 4: Matriz de elasticidade das transições anuais obtida para *Maytenus ilicifolia*, considerando a população total, Áreas alagáveis (AA) e áreas não alagáveis (ANA) na Flona de Irati.

População total					
Estádios* em t + 1	Estádios* no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0000	0,0002	0,0001	0,0001	0,0011
J	0,0011	0,0030	0,0002	0,0000	0,0000
IM	0,0004	0,0010	0,0130	0,0011	0,0003
AV	0,0000	0,0000	0,0026	0,3077	0,0876
AR	0,0000	0,0000	0,0000	0,0891	0,4912

Áreas alagáveis (AA)					
Estádios em t + 1	Estádios no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002
J	0,0003	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000
IM	0,0000	0,0003	0,0048	0,0005	0,0003
AV	0,0000	0,0000	0,0010	0,3262	0,0942
AR	0,0000	0,0000	0,0000	0,0947	0,4771

Áreas não alagáveis (ANA)					
Estádios em t + 1	Estádios no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0000	0,0006	0,0005	0,0004	0,0007
J	0,0014	0,0057	0,0005	0,0000	0,0000
IM	0,0008	0,0013	0,0166	0,0022	0,0000
AV	0,0000	0,0000	0,0032	0,2088	0,0610
AR	0,0000	0,0000	0,0000	0,0617	0,6346

\*PL – plântula; Jl – jovem ingressante; J – jovem; IM – imaturo; AV – adulto vegetativo; AR – adulto reprodutivo.

Tabela 5: Matriz de sensibilidade das transições anuais obtida para *Maytenus ilicifolia*, considerando a população total, Áreas alagáveis (AA) e áreas não alagáveis (ANA) na Flona de Irati.

População total					
Estádios* em t + 1	Estádios* no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0016	0,0039	0,0013	0,0025	0,0032
J	0,0017	0,0043	0,0014	0,0028	0,0035
IM	0,0194	0,0489	0,0159	0,0315	0,0400
AV	0,2449	0,6185	0,2007	0,3980	0,5052
AR	0,2813	0,7104	0,2305	0,4571	0,5803

Áreas alagáveis (AA)					
Estádios em t + 1	Estádios no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0003	0,0005	0,0001	0,0005	0,0006
J	0,0005	0,0008	0,0002	0,0008	0,0010
IM	0,0145	0,0246	0,0057	0,0258	0,0318
AV	0,2371	0,4015	0,0938	0,4214	0,5205
AR	0,2604	0,4410	0,1030	0,4629	0,5718

Áreas não alagáveis (ANA)					
Estádios em t + 1	Estádios no tempo t				
	Jl	J	IM	AV	AR
Jl	0,0022	0,0092	0,0040	0,0060	0,0117
J	0,0018	0,0076	0,0033	0,0049	0,0097
IM	0,0114	0,0476	0,0209	0,0310	0,0608
AV	0,1007	0,4190	0,1837	0,2731	0,5356
AR	0,1309	0,5447	0,2388	0,3550	0,6962

\*PL – plântula; Jl – jovem ingressante; J – jovem; IM – imaturo; AV – adulto vegetativo; AR – adulto reprodutivo.

A distribuição do número de indivíduos inicial observado para a população total de *M. ilicifolia* na Flona de Irati diferiu da distribuição estável esperada segundo o modelo matricial adotado (Figura 3), somente nos estádios imaturo (IM) e adulto reprodutivo (AR). O modelo sugere uma distribuição estável com uma maior proporção de adultos reprodutivos e uma redução proporcional no estágio imaturo, parecendo sugerir que um aumento na probabilidade de transição de imaturo para adulto reprodutivo poderia contribuir para a população alcançar uma estrutura estável.

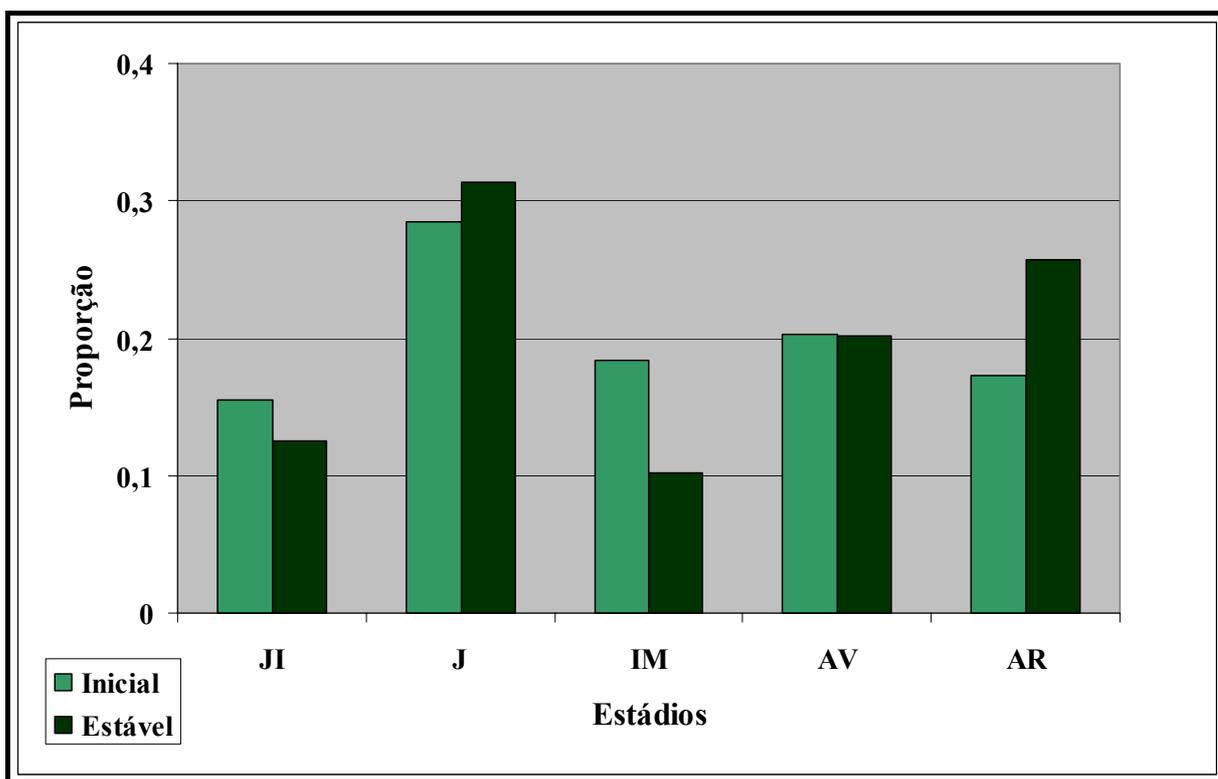


Figura 3: Distribuição inicial (observada) nos estádios e distribuição estável segundo o modelo matricial, para a população total de *M. ilicifolia* na Flona de Irati.

Os valores reprodutivos, estimados pelo modelo para a população total de *M. ilicifolia* na Flona de Irati, fornecem um histograma (Figura 4a) da contribuição relativa de cada estágio para as gerações futuras (ALÇAKAYA, 2002). O valor reprodutivo é o número de descendentes que um indivíduo em um dado estágio irá produzir, incluindo todos os descendentes, em relação ao valor reprodutivo de um indivíduo do primeiro estágio, cujo valor é assumido ser igual à unidade. As permanências médias fornecem um histograma do número médio de períodos de tempo que os indivíduos gastam em cada estágio. Os indivíduos permaneceram maiores períodos de tempo nos estádios adulto reprodutivo (AR) e imaturo (IM), em relação aos demais (Figura 4b).

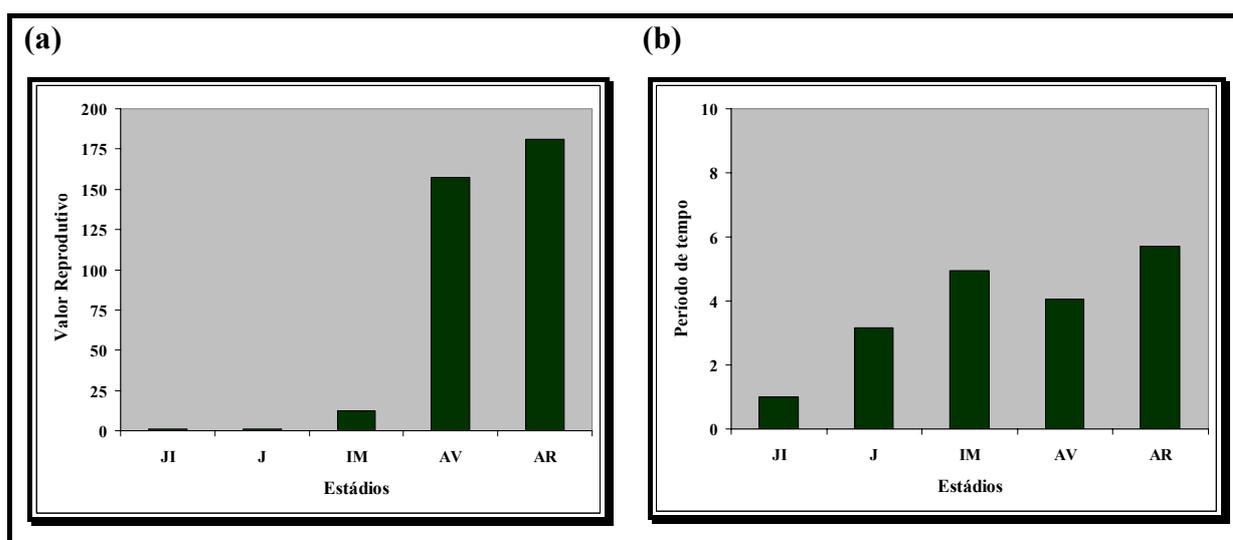


Figura 4: Distribuição do valor reprodutivo (a) e distribuição do tempo médio de permanência (b) nos estádios da população total de *M. ilicifolia* na Flona de Irati.

## 7.5. DISCUSSÃO

No período deste estudo, *M. ilicifolia* produziu novos indivíduos a partir de propagação vegetativa e de sementes, ambos bastante representativos nas coortes de jovens ingressantes. Este aspecto confere à espécie plasticidade, possibilitando a adoção de diferentes

estratégias reprodutivas de acordo com o ambiente. Assim é que, nos sítios com umidade extrema (agrupamento 5, ver Capítulo 1), onde a altura da inundação cobria toda a área, chegando a alcançar 1,45m, nos períodos de máximas pluviométricas, somente se observou ingressos por reprodução vegetativa, nos dois anos de avaliação. Em sítios com níveis de inundação intermediários (agrupamentos 1 e 2, ver Capítulo 1), onde a altura máxima não ultrapassou 1,20m, e as plantas se desenvolveram em locais mais elevados, em pequenos capões, foram registrados ingressos tanto via propagação vegetativa como por sementes. Em sítios sem histórico de inundação, mas bastante sombreados, onde *M. ilicifolia* se desenvolveu sob os plantios de *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp. (agrupamentos 3 e 4, ver Capítulo 1), somente se verificou o ingresso de novos indivíduos via propagação vegetativa. Van Groenendael et al. (1997), analisando dados de 2300 espécies com respeito às suas características clonais, para entender o papel da clonalidade na adaptação de plantas aos seus ambientes, concluíram que plantas clonais são significativamente mais freqüentes em condições úmidas, comparativamente às secas, mais freqüentes sob condições de limitação de nutrientes, mais freqüentes sob sombra e, também, em locais com temperaturas médias anuais baixas. Os autores também verificaram que dentro do grupo de espécies clonais, clonalidade originada de estruturas de caule são mais freqüentes do que aquelas originadas de raízes, sendo que a primeira forma prevalece em ambientes úmidos e, também, ricos em nutrientes. Na Flona de Irati, *M. ilicifolia* se propagou vegetativamente de diferentes formas (Figura 5), a partir de raízes, da base do caule, de tronco caído e por enraizamento de ramos caídos ao solo, demonstrando uma grande plasticidade à variação ambiental, mas estes aspectos necessitam de maiores estudos para verificar prevalência e associação a diferentes condições ambientais. Todos os estádios contribuíram no número de jovens ingressantes via propagação vegetativa, parecendo existir uma relação inversa com o estádio de desenvolvimento, ou seja, os jovens foram os que mais contribuíram enquanto os adultos reprodutivos raramente estiveram

envolvidos neste processo. Estes resultados, entretanto, necessitam de maiores investigações quanto a prevalência dos estádios e sua relação com as condições ambientais.



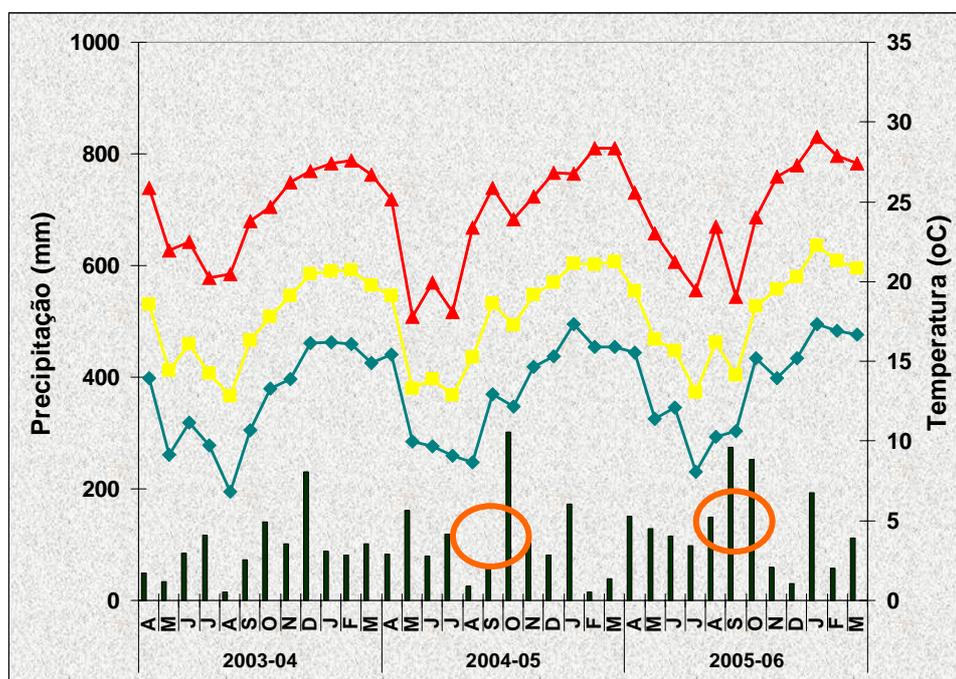
Figura 5: Formas de reprodução vegetativa de *M. ilicifolia* na Flona de Irati. Propagação vegetativa por raiz (a), tronco caído (b) e na base do caule (c).

Quanto à reprodução sexuada, ocorreram variações entre anos, possivelmente relacionadas às condições mais favoráveis para a germinação e/ou o estabelecimento de plântulas durante o ano de 2005, em comparação com 2004, conforme verificado nos estudos fenológicos (ver Capítulo 2), do que à variação temporal no número de indivíduos reproduzindo e na produção de frutos/sementes. Os resultados parecem sugerir um mecanismo de compensação reprodutiva para garantir a continuidade da espécie frente às condições ambientais adversas, promovendo um aumento no número de ingressos por via vegetativa (115 ingressos por propagação vegetativa vs 18 por semente) em anos menos favoráveis à germinação e ao estabelecimento de plântulas, como em 2004 (censo jan/2005). Ao contrário, em anos mais favoráveis à germinação e estabelecimento de plântulas, como 2005 (censo em jan/2006), observou-se uma quantidade bem maior de ingressos via sementes (140 plântulas, 51 jovens ingressantes vs 31 por propagação vegetativa).

As taxas de mortalidade, em *M. ilicifolia*, foram decrescentes à medida que os estádios avançaram, ou seja, com o aumento do tamanho. As maiores mortalidades foram observadas nas plântulas e nos jovens ingressantes, nos dois grupos, AA e ANA e na população total. Outros estudos com espécies arbóreas de florestas naturais têm mostrado maiores taxas de mortalidade nos estádios iniciais e o declínio das taxas com o aumento do tamanho (LIEBERMAN et al., 1985; CLARK e CLARK, 1992).

A mortalidade em cada estádio variou entre anos, mostrando-se bem maior em 2005, em relação ao ano anterior. Atribui-se às condições climáticas, principalmente de precipitação, e inundação que foram bem mais severas em 2005 do que em 2004, afetando o desenvolvimento e a sobrevivência, especialmente, dos mais jovens. Em relação aos sítios, as taxas de mortalidade em AA foram de 35 até 100% mais elevadas que em ANA, comparando um mesmo estádio. As maiores diferenças foram observadas no estádio jovem ingressante. Obviamente, as condições climáticas mais severas em 2005 afetaram muito mais AA, devido

aos efeitos do alagamento sobre o desenvolvimento dos indivíduos, principalmente nos estádios iniciais. Os estudos de Jones e Sharitz (1998), sobre sobrevivência e crescimento de plântulas de espécies arbóreas em florestas em áreas inundáveis, sugerem que os fenômenos climáticos e de inundação, os quais atuam em pequenos períodos de tempo, são mais fortes sobre as coortes anuais do que condições inerentes ao sítio, que podem ter impactos de longo prazo. Os resultados do presente estudo, apesar de considerar somente dois anos de avaliação, parecem confirmar as conclusões de Jones e Sharitz (1998). Nota-se uma variação na mortalidade entre AA e ANA, mas a diferença foi bem menor em 2004, em torno de 35%, chegando a alcançar 100% em 2005, quando ocorreram extremos climáticos em relação à precipitação, ocasionando níveis de inundação bastante elevados, sugerindo um efeito muito maior do clima/inundação do que do sítio.



A menor proporção de permanência no mesmo estágio ocorreu no estágio jovem (68,44%), devido principalmente à alta taxa de mortalidade (29,51%). Somente 2,05%

dos jovens progrediram para o estágio seguinte, IM, alcançando o mínimo de 0,50m de altura. No estágio imaturo, 12,03% dos indivíduos regrediram ao estágio jovem, e no adulto vegetativo, 3,45% regrediram ao estágio imaturo. Em ambos os casos, nestes indivíduos, a parte superior do caule secou, acarretando na redução da altura, abaixo do limite inferior do seu estágio. Atribui-se, também, às condições climáticas, principalmente de precipitação, e inundação que foram bem mais severas em 2005 do que em 2004, afetando a altura das plantas. De agosto a outubro de 2005, a precipitação atingiu 676 mm enquanto, no mesmo período em 2004, choveu 383mm. Conforme observado no Capítulo 2 deste trabalho, este é o período de maior brotamento em *M. ilicifolia* e o excesso de chuvas acompanhado de uma forte inundação, em 2005, pode ter comprometido o crescimento, principalmente dos estádios jovem e imaturo. Quando submetidas ao alagamento, geralmente as plantas apresentam modificações morfológicas e anatômicas (KOZLOWSKI, 1984). O efeito da hipoxia provocando queda na respiração aeróbica, no nível nutricional e na fotossíntese são importantes fatores que podem afetar o crescimento das plantas em um ambiente alagado (PIMENTA, 1998). O alagamento pode levar a uma redução diferenciada no crescimento da raiz e parte aérea, reduzindo o comprimento da planta (EWING, 1996; PIMENTA, 1998).

No balanço entre mortalidade e ingresso, observam-se taxas anuais de declínio populacional ( $r < 0$ ), entre 2004-2005, nos estádios jovem e imaturo, e entre 2005-2006, no jovem ingressante, imaturo e adulto vegetativo, indicando um declínio populacional para aqueles estádios naquele período. Por outro lado, taxas anuais de aumento populacional ( $r > 0$ ) foram observadas nos estádios adulto vegetativo e reprodutivo, entre 2004-2005, e no jovem e adulto reprodutivo, entre 2005-2006. O estágio jovem apresentou taxa de declínio no primeiro ano, mas conseguiu reverter este quadro, no ano seguinte, devido à progressão em massa dos sobreviventes do estágio jovem ingressante. O estágio imaturo foi o único que apresentou declínio populacional nos dois anos consecutivos (Tabela 2), em função da

mortalidade, acrescida da alta proporção de indivíduos que regrediram ao estágio jovem, em 2005-2006, além do fato de que poucos jovens progrediram para imaturo.

Uma análise mais detalhada nos grupos mostra que a situação dos imaturos foi mais crítica em AA, onde a população decresceu mais acentuadamente do que em ANA, indicando que este estágio foi bastante afetado pelo alagamento.

O estágio adulto vegetativo apresentou taxa de declínio em AA, somente no segundo período, e em ANA, em ambos os períodos, mas muito maior no segundo, devido à progressão para o estágio adulto reprodutivo. Estes fatos podem ter ocorrido devido a flutuações naturais pelo florescimento em anos alternados em alguns indivíduos, ou devido à 2004-2005 ter sido um ano mais favorável para a reprodução, conforme foi verificado nos estudos de fenologia, no Capítulo 2, ou ambos.

O modelo populacional utilizado prediz que a taxa finita de crescimento da população ( $\lambda$ ) foi abaixo de 1 e, portanto, se os parâmetros fossem mantidos constantes como os do período avaliado, a população de *M. ilicifolia* na Flona de Irati tenderia a diminuir, numa taxa anual de 2,63%, considerando a população total.

A permanência nos estádios adultos vegetativos e reprodutivos foi responsável por 79,89% da elasticidade total, evidenciando que a sobrevivência dos adultos foi determinante na taxa de crescimento populacional,  $\lambda$ , na população de *M. ilicifolia* da Flona de Irati. Estes resultados estão coerentes com os relatos de Silvertown et al. (1993) que, comparando 45 espécies herbáceas perenes e 21 espécies arbóreas, utilizando informações extraídas da literatura, utilizando a análise de elasticidade e a técnica do triângulo G-L-F, verificaram que as espécies arbóreas de floresta tenderam a ocupar o vértice L do triângulo demográfico, evidenciando que a taxa de crescimento da população foi fortemente dependente da sobrevivência dos indivíduos adultos.

Os resultados das análises de sensibilidade mostraram que a taxa de crescimento populacional,  $\lambda$ , foi mais afetada pelas mudanças nos elementos da matriz relacionados ao crescimento (transição para estádios seguintes) e à sobrevivência (permanência no mesmo estágio) do que aquelas relacionadas à fecundidade. Isto significa que para *M. ilicifolia*, na Flona de Irati, o crescimento e a sobrevivência assumem uma importância muito maior do que a reprodução para a taxa de crescimento populacional,  $\lambda$ . Estes resultados estão coerentes com os encontrados na literatura para espécies arbóreas e arbustivas. Piñero; Martinez-Ramos; Sarukhan (1984) construíram matrizes de sensibilidades para *Astrocaryum mexicanum*, *Podococcus barteri* e *Araucaria cunninghamii* e verificaram que taxa de aumento ( $\lambda$ ) foi menos afetada pela reprodução sexual do que pelas probabilidades de sobrevivência e transição em um dado estágio para as quatro espécies.

As probabilidades de transição, em *M. ilicifolia*, foram cerca de doze vezes mais importantes na mudança de  $\lambda$  do que as probabilidades de sobrevivência, em um dado estágio, com este padrão ocorrendo claramente nos estádios pré-reprodutivos, indicando que para espécie, crescimento seria mais importante na mudança de  $\lambda$  do que a sobrevivência e esta seria mais do que a fecundidade. Piñero; Martinez-Ramos; Sarukhan (1984) encontraram, para espécies arbóreas, probabilidades de transição de uma a cinco vezes mais importantes na mudança de  $\lambda$  do que as probabilidades de sobrevivência com este padrão, também, ocorrendo nos estádios pré-reprodutivos. Os autores sugeriram que a importância relativa das diferentes características da história da vida sobre o crescimento populacional de espécies arbóreas seguia o padrão: crescimento > sobrevivência > fecundidade, ressaltando que os estádios mais críticos seriam aqueles próximos à idade da primeira reprodução.

Os estudos realizados no Brasil, de modo semelhante aos resultados obtidos neste trabalho com *M. ilicifolia* e aos de Silvertown et al. (1993), encontraram para espécies arbóreas de florestas, valores mais elevados de elasticidade para crescimento e sobrevivência,

durante os estádios pré-adultos e adultos do ciclo de vida (SILVA MATOS; FRECKLETON; WATKINSON, 1999; SOUZA, 2000; BERNACCI et al., 2001; FONSECA, 2001).

## 7.6. REFERÊNCIAS

ALÇAKAYA, H.R. **Ramas Gis: linking spatial data with population viability analysis** (versão 4.0). New York: Applied Biomathematics, 2002. 203p.

BERNACCI, L.C. **Aspectos da demografia da palmeira nativa *Syagrus romanzoffiana*, jerivá, como subsídio ao seu manejo.** 2001. 134f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas-SP.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Primeiro relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica:** Brasil. Brasília: MMA, 1998.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda 21 brasileira: área temática - agricultura sustentável.** São Paulo: Consórcio Museu Emílio Goeldi, 1999.

CASWELL, H. **Matrix population models: construction, analysis, and interpretation.** Sunderland: Sinauer Associates Inc., 1989. 328p.

CLARK, D.A.; CLARK, D.B. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. **Ecological Monographs**, v.62, p.315-344, 1992.

CONDIT, R.; Hubbell, s.p.; foster, r.b. Mortality rates of 205 neotropical tree and shrub species and the impact of a severe drought. **Ecological Monographs**, v.65, p.419-439, 1995.

EWING, K. Tolerance of four wetland plant species to flooding and sediment deposition. **Env. Exp. Bot.**, v.36, p.131-146, 1996.

FONSECA, M.G. **Aspectos demográficos de *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arq. (Apocynaceae) em dois fragmentos de floresta semidecídua no município de Campinas, SP.** 2001. 104f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas-SP.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; RODERJAN, C.V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Floresta Nacional de Irati-PR. **Floresta**, v.19, p.30-49, 1989.

HAMILTON, A.C. Medicinal plants, conservation and livelihoods. **Biodiversity and Conservation**, v.13, p.1477-1517, 2004.

IWASA, Y.; MOCHIZUKI, H. Probability of population extinction accompanying a temporary decrease of population size. **Researches on Population Ecology**, v.30, p.145-164, 1988.

JONES, R.H.; SHARITZ, R.R. Survival and growth of woody plant seedlings in the understorey of floodplain forests in South Carolina. **Journal of Ecology**, v.86, n.4, p.574-587, 1998.

KOZLOWSKI, T.T. **Flooding and plant growth**. London: Academic Press, 1984. p.129-163.

LEFKOVITCH, L.P. The study of population growth in organics grouped by stages. **Biometrika**, v.21, p.1-18, 1965.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology**, v.3, p.347-358, 1987.

LIEBERMAN, D.; LIEBERMAN, M.; peralta, r.; hartshorn, g.s. Mortality patterns and stand turnover rate in a wet tropical forest in Costa Rica. **Jornal of Ecology**, v.73, p.915-924, 1985.

McGRAW, J.B.; GARBUTT, K. Demographic growth analysis. **Ecology**, v.71, n.3, p.1199-1204, 1990.

MAZZA, C.A.S. **Caracterização ambiental da microrregião Colonial de Irati e zoneamento ambiental da Floresta Nacional de Irati, PR**. 2006. 147p. Tese. (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP.

MENGES, E.S.; DOLAN, E.W. Demographic viability of populations of *Silene regia* in Midwestern prairies: relationship with fire management, genetic variation, geographic location, population size and isolation. **Journal of Ecology**, v.86, p.63-78, 1998.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. Living Beyond Our Means Natural Assets and Human Well Being. 2006. Disponível em: <<http://www.millenniumassessment.org/>>. Acesso em: 30 mar.2006.

MING, L.C.; SILVA, S.M.P. ; SILVA, M.A.S.; HIDALGO, A.F. ; MARCHESI, J.A.; CHAVES, F.C.M. Manejo e cultivo de plantas medicinais: algumas reflexões sobre as perspectivas e necessidades no Brasil. In: COELHO, M.F.B.; COSTA JÚNIOR, P.; DPMBROSKI, J.L.D. (Org.). **Diversos olhares em Etnobiologia, Etnoecologia e Plantas Mediciniais**. 1 ed. Cuiabá: UNICEN Publicações, 2003. p.149-156. v.1.

PFAB, M.F.; WITKOWSKI, E.T.F. A simple population viability analysis of the critically endangered *Euphorbia clivicola* R.A. Dyer under four management scenarios. **Biological Conservation**, v.96, p.263-270, 2000.

PIMENTA, J.A. **Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (MYRTACEAE) no Parque Estadual Mata dos Godoy, Londrina, PR**. 1998. 150f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas-SP.

PIÑERO, D.; MARTINEZ-RAMOS, M.; SARUKHAN, J. A population model of *Astrocaryum mexicanum* and a sensitivity analysis of its finite rate of increase. **Journal of Ecology**, v.72, n.3, p.977-991, 1984.

PRIMACK, R.B.; ASHTON, P.S.; CHAI, P.; LEE, H.S. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, east Malaysia. **Ecology**, v.66, p.577-588, 1985.

ROSA, S.G.T. Caracterização das sementes de *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reiss, espinheira santa e viabilidade de sua propagação sexuada. In: Ming, L.C.; Scheffer, M.C.; Corrêa Junior, C.; Barros, I.B.I. de; Mattos, J.K.de A (eds.). **Plantas medicinais aromáticas e condimentares: avanços na pesquisa agronômica**. UNESP: Botucatu, 1998. p. 33-52. v.2.

SHEID, D.; BURSLEM, D.F.R.P.; ADLER, D. The interpretation and misinterpretation of mortality rate measures. **Journal of Ecology**, v.83, p.331-333, 1995.

SILVA MATOS, D.M.; FRECKLETON, R.P.; WATKINSON, A.R. The role of density dependence in the populations dynamics of a tropical palm. **Ecology**, v.80, n.8, p.2635-2650, 1999.

SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; PISANTY, I.; MENDOZA, A. Comparative plant demography – relative importance life-cycle components to the finite rate of increase in woody and herbaceous perennials. **Journal of Ecology**, v.81, p.465-476, 1993.

SOUZA, A.F. **Aspectos da dinâmica de populações da palmeira *Attalea humilis* em fragmentos de floresta Atlântica sujeitos ao fogo**. 2000. 194f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas), Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas-SP.

VAN GROENENDAEL, J.M.; KLIMES, L.; KLIMESOVÁ, J.; HENDRIKS, R.J.J. Comparative ecology of clonal plants. In: SILVERTOWN, J.; FRANCO, M.; HARPER, J.L. **Plant life histories: ecology, phylogeny and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. p.191-250.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da estrutura de tamanhos de *M. ilicifolia* possibilitou enquadrar os cinco agrupamentos incluídos neste estudo, na Floresta Nacional de Irati, em dois grupos com padrão de distribuição distintos: um dos grupos mostrou-se menos hierarquizado em termos de altura e DAS, reunindo os agrupamentos localizados em áreas alagáveis nos períodos de máximas pluviométricas; o outro grupo, mais hierarquizado, incluiu os agrupamentos localizados nas áreas não alagáveis. Os resultados deste estudo permitiram, ainda, nos dois grupos descritos acima, definir cinco estádios de desenvolvimento: jovem ingressante (JI), jovem (J), imaturo (I), adulto vegetativo (AV) e adulto reprodutivo (AR).

O estudo de fenologia mostrou que o ciclo reprodutivo de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati ocorreu de julho a fevereiro, nos dois períodos considerados. *M. ilicifolia* não mostrou queda de folhas concentrada, sendo esta imperceptível ou pouco visível. O crescimento vegetativo ocorreu anualmente, a partir de agosto, variando quanto à duração e época, observando-se uma forte influência da elevação da temperatura sobre a época de início do brotamento, a qual acompanhou a variação deste fator climático nos dois anos avaliados.

*M. ilicifolia* foi fiel quanto à época e duração da fase de botão, ocorrendo de julho a outubro em ambos os períodos avaliados. O período de deficiência hídrica, associado ao frio intenso (temperaturas abaixo de zero grau), pode ter tido influência no início da produção de botões nesta espécie. O máximo na sincronia foi atingido em setembro, coincidindo com o aumento das temperaturas e da precipitação. *M. ilicifolia*, também, foi fiel quanto à época de início da antese, mas variou na duração e intensidade entre os anos.

O período de deficiência hídrica, associado ao frio intenso (temperaturas abaixo de zero grau) parece influenciar o início da antese nesta espécie. Os incrementos na sincronia e na intensidade da antese coincidiram com o aumento da precipitação e das

temperaturas. Entretanto, queda brusca de temperatura parece ser um fator importante associado à precipitação muito intensa, acelerando o término do florescimento e o início da frutificação.

*M. ilicifolia* foi fiel quanto à época e duração da frutificação, ocorrendo de outubro a fevereiro nos dois períodos avaliados. A frutificação coincidiu com o período mais chuvoso. Em ambos os períodos, a sincronia e a intensidade da frutificação foram inferiores em outubro, atingindo máximas em novembro e dezembro com o aumento da temperatura e da precipitação. Os frutos amadureceram de novembro a janeiro e neste último, ocorreu o início da dispersão dos frutos maduros de coloração vermelha e com arilo branco exposto. A frutificação em *M. ilicifolia* ocorreu na segunda metade do período, com chuvas mais intensas. A dispersão ocorrendo mais no final do período mais úmido, nos meses de janeiro e fevereiro, possibilita a germinação e o estabelecimento das plântulas ainda no período com registros de mais de 100 mm de precipitação mensal acumulada e ainda com temperaturas elevadas. Permite, também, certo desenvolvimento das plântulas, durante um período de 3 até 5 meses, antes da ocorrência das geadas severas nos meses de julho a agosto. Esta estratégia observada em *M. ilicifolia* na Flona de Irati pode ser um fator importante na sobrevivência das plântulas e na manutenção da viabilidade das suas populações naturais.

Os resultados da fenologia mostraram também, uma acentuada variação temporal de *M. ilicifolia* na produção dos frutos, em função das condições climáticas, o que é de considerável interesse para as atividades de coleta de sementes destinadas à conservação de germoplasma e na obtenção de sementes para fins de plantios comerciais.

Com relação à presença dos tipos florais em *M. ilicifolia*, denominados tipo floral (1) e tipo floral (2), na proporção 1:1, na população estudada ocorreu somente um tipo floral em cada planta e o mesmo tipo floral em cada indivíduo nos dois períodos avaliados. Na literatura, existem relatos do mesmo padrão de comportamento em uma população de *M.*

*ilicifolia* localizada sobre afloramentos rochosos com restrição edáfica, enquanto um padrão diferente, apresentando os dois tipos florais no mesmo indivíduo foi encontrado em solos mais férteis e profundos. Todos estes resultados sugerem que a presença de tipos florais distintos em indivíduos diferentes em *M. ilicifolia* pode estar associada a ambientes com limitações severas, tanto por “stress” hídrico, por excesso de água nas áreas ciliares, como por restrições edáficas.

A ocorrência de apenas um tipo floral por planta na população avaliada pressupõe a necessidade de fecundação cruzada entre indivíduos, corroborado pelo fato de que nas flores do tipo (1) não foi observado a presença de grãos de pólen, enquanto nas do tipo (2) observou-se uma grande quantidade de grãos de pólen. Estas considerações reforçam a necessidade de fecundação cruzada entre indivíduos, pelo menos para a fecundação das flores tipo (1). Aliado a estes fatos, a perfeita sincronia na antese entre os tipos florais (1) e (2) evidenciada *M. ilicifolia* neste estudo, tanto em relação ao percentual de indivíduos como à intensidade de florescimento, adequa-se ao modelo de fecundação cruzada.

Os resultados deste estudo evidenciaram que, nas populações avaliadas, as flores do tipo (1) comportam-se como funcionalmente femininas e as do tipo (2) como funcionalmente masculinas, doadoras de grãos de pólen. Estes resultados explicam o grande número de flores produzidas por planta e o baixo número de frutos formados em *M. ilicifolia*, conforme mencionado na literatura.

Os resultados deste estudo sustentam as hipóteses de que a redução dos órgãos reprodutivos, ora do androceu, ora do gineceu no gênero *Maytenus*, nas espécies brasileiras extra-amazônicas, provavelmente indicam uma tendência da bissexualidade para a unissexualidade das flores e, até mesmo, dos indivíduos, conforme foi verificado nas populações de *M. ilicifolia* da Floresta Nacional de Irati.

A presença de plantas com flores funcionalmente femininas separadamente das plantas com flores funcionalmente masculinas e o conseqüente modelo de fecundação cruzada favorecem a heterozigosidade e contribuem para a manutenção de baixos níveis de endogamia. Contudo, estudos em populações naturais de *M. ilicifolia* têm mostrado elevados coeficientes de endogamia, sem explicação plausível até o momento, mas que pode perfeitamente ser justificado pela estratégia de propagação vegetativa observada na espécie na Flona de Irati, conforme evidenciado neste estudo.

Os resultados de dinâmica mostraram que, em seus habitats naturais, *M. ilicifolia* utiliza a propagação vegetativa como uma estratégia reprodutiva bastante freqüente, contribuindo decisivamente no recrutamento inicial da espécie, mostrando-se especialmente importante para a manutenção e crescimento das populações em ambientes com “stress” de umidade ou sombreados, sendo relevante para a conservação *in situ* da espécie.

A propagação vegetativa em *M. ilicifolia*, embora seja raramente mencionada na literatura sobre a espécie, necessita ser considerada e incluída também nos estudos genéticos, uma vez que esta forma de reprodução pode afetar o grau de homozigose, o que justificaria a baixa heterozigosidade e a alta endogamia observada nos estudos genéticos realizados em populações de *M. ilicifolia* até o momento. Modelos que incluam a formação de módulos, introduzindo o conceito de “genet” e “ramet”, que consideram tanto a reprodução sexuada como a vegetativa, necessitam ser melhor investigados, dentro dos enfoques da genética, biologia e ecologia, para expressar de forma mais realística o comportamento reprodutivo de *M. ilicifolia*, em condições naturais, contribuindo para a definição de estratégias mais adequadas para a sua conservação.

Os resultados parecem sugerir, ainda, um mecanismo de compensação reprodutiva para garantir a continuidade da espécie frente às condições ambientais adversas, promovendo um aumento no número de ingressos por via vegetativa, em anos menos

favoráveis, e um aumento no ingresso via sementes, em anos mais favoráveis à germinação e ao estabelecimento de plântulas.

Segundo o modelo populacional utilizado, com base no valor da taxa finita de crescimento populacional abaixo da unidade, há indícios de que, se os parâmetros fossem mantidos constantes como os do período avaliado, a população de *M. ilicifolia* na Flona de Irati teria uma tendência a diminuir, numa taxa anual de 2,63%. Obtiveram-se indicativos, também, de que um aumento na sobrevivência dos adultos e, também, no crescimento e na sobrevivência dos estádios pré-reprodutivos, poderia contribuir para aumentar o valor de  $\lambda$  de *M. ilicifolia* na Floresta Nacional de Irati. Estes resultados apontam para a necessidade de se entender melhor a dinâmica populacional da espécie antes do desenvolvimento de ações de manejo ou produção sustentada. A coleta de sementes de *M. ilicifolia* na Flona de Irati, para fins de conservação *ex situ* ou para atender às demandas das comunidades do entorno, deveria estar associada ao estabelecimento prévio de um pomar de sementes, que poderia ser estabelecido na Zona de Manejo Florestal, visando garantir a preservação da espécie em seu habitat natural.

O alagamento excessivo das áreas marginais tem provocado uma diminuição do tamanho dos indivíduos, principalmente, dos estádios jovem e imaturo, contribuindo para diminuir o ritmo de crescimento, chegando a provocar uma regressão dos imaturos para jovens. Os resultados mostraram que os fenômenos climáticos e de inundação, os quais atuam em pequenos períodos de tempo, são mais fortes sobre as coortes anuais do que condições inerentes ao sítio, que podem ter impactos de longo prazo. Deste modo, os processos que regulam a dinâmica populacional de *M. ilicifolia*, nas condições em que a espécie se distribui na Floresta Nacional de Irati, são fortemente influenciados pelo clima e inundação.

Admitindo-se esta hipótese do risco de declínio populacional de *M. ilicifolia* estar associado à inundação excessiva das áreas marginais ao rio das Antas, o manejo do solo

nas áreas do entorno da Flona de Irati, com práticas que visem minimizar os problemas de erosão e deposição de detritos nos canais principais deste rio, assumem fundamental importância. Enfatiza-se a necessidade de medidas preventivas tais como a recuperação da mata ciliar e conservação dos solos no entorno da Flona de Irati, visando à conservação *in situ* de *M. ilicifolia* e de outras espécies e, em última análise, da biodiversidade dos ambientes ciliares desta unidade de conservação.