

Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Biologia

**Biologia de uma população de *Eriocnema fulva* Naudin
(Melastomataceae)**

Priscila Moreira de Andrade

Tese apresentada ao Instituto de Biologia
da Universidade Estadual de Campinas
para obtenção do Título de Doutor em
Biologia Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins
Co-orientador: Prof. Dr. Flávio Antônio Maes dos Santos

Campinas
2004

Data. Campinas, 09 de Fevereiro de 2004

Banca Examinadora:

Dr. Fernando Roberto Martins
Departamento de Botânica - UNICAMP

Dr. José Eugênio Cortes Figueira
Departamento de Biologia Geral - UFMG

Dr. Marcelo Trindade Nascimento
Laboratório de Ciências Ambientais - UENF

Dra. Kikyo Yamamoto
Departamento de Botânica - UNICAMP

Dra. Ângela Borges Martins
Departamento de Botânica - UNICAMP

Dra. Luiza Sumiko Kinoshita
Departamento de Botânica - UNICAMP

Dra. Roseli Buzanelli Torres
Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Jardim Botânico - IAC

Dedico este trabalho
a Deus,
aos antepassados,
a conservação da natureza
e aos meus melhores amigos,
com amor.

Agradecimentos

É impossível agradecer a todas pessoas e instituições que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta tese. Estão relacionadas apenas algumas e peço perdão a todos que ajudaram e não foram citados.

Ao Prof. Fernando Roberto Martins, meu orientador que tanto me ensinou sobre o mundo do conhecimento, sobre a vida e principalmente pela nossa amizade.

Ao Prof. Flávio Antônio Maes dos Santos, meu co-orientador pelas contribuições para organização e decisões nos momentos críticos do trabalho.

À Profa. Eliana R.F. Martins pela colaboração na contagem dos cromossomos e organização dos experimentos do capítulo 1.

À Profa. Ângela Martins pela ajuda na sistemática e incentivo constante.

Aos professores da análise prévia pelas contribuições para melhorar o trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de estudos.

Ao Instituto Agronômico de Campinas pelos testes de germinação de sementes.

Ao Instituto Estadual de Florestas, local onde trabalho e que permitiu que este trabalho fosse realizado, mesmo que em muitos momentos não fosse a prioridade da Diretoria.

A Minerações Brasileira Reunidas proprietária da Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro, pela permissão de realizar a pesquisa em suas terras.

Aos Professores do Departamento de Botânica da UNICAMP pela minha formação e pelo exemplo de dedicação e profissionalismo.

Aos colegas de trabalho do IEF, que acompanharam e apoiaram a pesquisa desde o seu início.

A entidade Sukyo Mahikari, que através da arte de imposição das mãos, forneceu o apoio espiritual.

A minha grande família avós (*in memorian*) tios, primos, sobrinhos, cunhados e cunhadas. Aos meus pais pelo exemplo e amor. Aos meus irmãos pelo afeto, por estarem sempre ao meu lado.

A Marília Fonseca pela ajuda para compreensão do significado de todas as etapas.

Aos meus amigos da família, do trabalho, da Sukyo Mahikari, da rua, que são o meu ouro em pó.

A Ricardo Marcos Teixeira Neri a quem tive a sorte de um dia encontrar.

A todos vocês agradeço com as minhas palavras, com o meu coração e com a minha mente...

SUMÁRIO

Lista das figuras e tabelas	viii
Resumo	xii
Abstract	xiii
Introdução geral	xiv
Capítulo 1. SISTEMA DE REPRODUÇÃO DE <i>Eriocnema fulva</i> Naudin (Melastomataceae) NA MATA DO JAMBREIRO, NOVA LIMA, MINAS GERAIS	
Resumo	1
Abstract	2
Introdução	3
Material e Métodos	4
Área de estudo	4
Vegetação	4
Características das plantas	5
Método de campo	7
Resultados	9
Características das flores	9
Sistema reprodutivo	12
Visitantes florais:	14
Frutos e sementes	14
Discussão	15
Bibliografia	19
Capítulo 2: ESTRUTURA DE TAMANHO E FERTILIDADE EM UMA POPULAÇÃO DE <i>Eriocnema fulva</i> Naudin (Melastomataceae).	
Resumo	24
Abstract	25
Introdução	26
Material e métodos	29
Informações sobre a espécie	29
Coleta de dados	29
Análise dos dados	30
Resultados	32
Estrutura da população	32
Indivíduos vegetativos com comprimento do limbo da maior folha maior que 1 cm	43
Indivíduos reprodutivos e produção de frutos	44
Discussão	48
Estrutura da população	48
Indivíduos vegetativos com comprimento do limbo da maior folha maior que 1cm	50
Indivíduos reprodutivos e produção de frutos	50
Bibliografia	54

Capítulo 3: CRESCIMENTO FOLIAR DE *Eriocnema fulva* Naudin
(MELASTOMATACEAE) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL NO BRASIL
SUDESTE.

Resumo	58
Abstract	59
Introdução	60
Material e métodos	62
Espécie estudada	62
Coleta de dados	62
Análise de dados	63
Resultados	64
Crescimento e sobrevivência da folha.	64
Crescimento da folha e sua relação com a estrutura da planta	68
Discussão	74
O crescimento e a sobrevivência da folha	74
Crescimento da folha e sua relação com a estrutura da planta	76
Bibliografia	78
Conclusões	84

LISTA DAS FIGURAS E TABELAS

- Figura 1.1: Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100 m de altitude), no município de Nova Lima, MG, Brasil. Fonte: Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, MG. Base de dados da Fundação SOS Mata Atlântica, 1998. **6**
- Figura 1.2: A. *Eriocnema fulva*, indivíduo reprodutivo com inflorescência, caule e raiz. B. Flor, parte interna em corte longitudinal. C. Estames. D. Sementes. **11**
- Tabela 1.1: Resultados dos experimentos de polinização controlada em *Eriocnema fulva* durante os períodos reprodutivos de 1997 e de 1998. FL= número de flores, FR= número de frutos, %= porcentagem de frutos produzidos. **12**
- Figura 1.3: Célula meiótica de *Eriocnema fulva*, em diacinese, com 17 bivalentes. Escala = 5µm. **13**
- Tabela 2.1: Parâmetros das regressões lineares entre as medidas de tamanho em uma população de *Eriocnema fulva*. n = número de indivíduos em 15 m² ; a= coeficiente linear; b= coeficiente angular; r² = coeficiente de determinação, p= probabilidade de a relação obtida ser devida ao acaso, CLF= Comprimento da lâmina foliar, CP= Comprimento do pecíolo, CC= Comprimento do Caule, NF= Número de folhas, LLF= Largura da lâmina foliar, NF= Número de folhas. Dados coletados em 1997. **33**
- Figura 2.1: Classes de tamanho de *Eriocnema fulva*, baseadas no comprimento da lâmina foliar da maior folha presente na planta. A e B: Indivíduos com folhas menores que 1cm. C: Indivíduo vegetativo na menor classe de comprimento da folha (1,5cm). D: Indivíduo vegetativo, sem caule, com comprimento do limbo da maior folha de 4cm. E: Indivíduo reprodutivo com caule reduzido, o limbo da maior folha tem 7cm. F: Indivíduo reprodutivo com caule desenvolvido, o limbo da maior folha tem cerca de 13cm de comprimento. **35**
- Figura 2.2: Distribuição do comprimento da lâmina foliar a partir de 1cm em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15 m²), em outubro de 1997. **36**
- Figura 2.3: Distribuição do comprimento do caule de plantas com comprimento do limbo da maior folha a partir de 1cm em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15 m²) em outubro de 1997. **36**
- Figura 2.4: Distribuição do número de folhas (comprimento do limbo da maior folha a partir de 1cm de comprimento) em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15 m²) em outubro de 1997. **37**
- Figura 2.5: Distribuição do número de frutos nos indivíduos reprodutivos em uma população de *Eriocnema fulva* (111 indivíduos/15 m²), em outubro de 1997. **37**
- Figura 2.6: Distribuição do comprimento do caule nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de uma população de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U= 398,50; p<0,001. Z=-13,12; p<0,001. **38**

Figura 2.7: Distribuição do comprimento da lâmina da maior folha nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U=598,50; p< 0,001; Z=-12,78; p<0,001. **38**

Figura 2.8: Distribuição da largura da lâmina da maior folha nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U=562,20 ; p<0,001; Z=-12,84; p<0,001. **39**

Figura 2.9: Distribuição do número de folhas nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U=3377,00; p<0,001; Z=-8,15; p<0,001. **39**

Figura 2.10: Distribuição do comprimento do pecíolo da maior folha nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U=803,00; p<0,001; Z=-12,44; p<0,001. **40**

Figura 2.11: Curva de Lorenz e coeficiente de Gini (G) para uma população de *Eriocnema fulva* amostrada na Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro, Nova Lima, MG. a) Número de folhas (N = 260); b) Número de frutos (N = 111); c) Comprimento da lâmina foliar (N = 260); d) Comprimento do caule (N = 260). **41**

Figura 2.12: Produção de frutos por unidade de tamanho do comprimento do caule correlacionado negativamente com a densidade. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança. (Coeficiente de Pearson, r= -0,67; p< 0,05; N=14). **42**

Figura 2.13: Produção de frutos por unidade de tamanho do comprimento da lâmina da maior folha correlacionado negativamente com a densidade. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança. (Coeficiente de Pearson, r= -0,55; p<0,05; N=15) **42**

Tabela 2.2: Proporção de plantas vegetativas que sobreviveram entre o início (1997) e o final (1999) do estudo, em 15m² na Mata do Jambreiro. Ni = número inicial de indivíduos marcados, Ns = número de sobreviventes na última observação. **44**

Figura 2.14: Relação entre o número de frutos e o comprimento do caule por indivíduo em 15 m² de uma população de *Eriocnema fulva* (Número de indivíduos = 111, outubro/1997). a= 10,54, b=1,60 , r² = 0,17 ; p < 0,001. **45**

Figura 2.15: Relação entre o número de frutos e o comprimento da lâmina da maior folha por indivíduo em 15 m² de uma população de *Eriocnema fulva* (Número de indivíduos= 111, outubro/1997). a= -5,44, b=1,75, r² = 0,41 ; p < 0,001. **45**

Figura 2.16: Relação entre o número de frutos e o número de folhas por indivíduo em 15 m² de uma população de *Eriocnema fulva* (Número de indivíduos = 111, outubro/1997). a= -2,03, b=0,90, r² = 0,32 ; p < 0,001. **46**

Tabela 2.3: Parâmetros das regressões lineares entre as relações das medidas de tamanho em uma população de *Eriocnema fulva*. n = número de indivíduos em 15 m² ; a= coeficiente linear; b = coeficiente angular; r² = coeficiente de determinação, p = probabilidade de a relação obtida ser devida ao acaso, b comum = inclinação ajustada e utilizada para testar diferenças entre os coeficientes lineares entre os três anos. CLF= Comprimento da lâmina foliar, NF= Número de folhas, NFR= Número de frutos. As regressões para todos os anos foram significativas com p< 0,001. **48**

Tabela 3.1: Crescimento mensal do limbo e do pecíolo de folhas que atingiram comprimento do limbo ≤ 7 cm ou > 7 cm em plantas reprodutivas de *Eriocnema fulva*. Diferenças verificadas com o teste U de Mann-Whitney, foi incluído Z (valor do desvio da distribuição normal) porque a amostra possuía número de indivíduos maior que 20 (Zar 1984). N=Número de medidas. n=número de folhas e pecíolos acompanhados, gl= grau de liberdade, p= probabilidade da relação obtida ser ao acaso < 0,001. N= número de indivíduos, CML= Crescimento mensal do limbo, CMP= Crescimento mensal do pecíolo, TEL= Tempo de expansão do limbo, TEP= Tempo de expansão do pecíolo. **66**

Figura 3.1 : Crescimento da folha de plantas reprodutivas de *Eriocnema fulva* ao longo do tempo. Comprimento do limbo >7cm no lado esquerdo do gráfico e do limbo ≤ 7cm no lado direito. Em cada observação, o retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). **67**

Tabela 3.2: Parâmetros das regressões lineares entre as medidas de tamanho em uma população de *Eriocnema fulva*. n = número de indivíduos em 15 m² ; a= coeficiente linear; b= coeficiente angular; r² = coeficiente de determinação, p= probabilidade de a relação obtida ser devida ao acaso, b comum = inclinação ajustada e utilizada para testar diferenças dos coeficientes lineares entre os três anos. CLF= Comprimento da lâmina foliar, CP= Comprimento do pecíolo, CC= Comprimento do Caule, NF= Número de folhas, LLF= Largura da lâmina foliar, TS= teste a posteriori de Scheffé para b comum (p=0,05). NS= Não significativo. A Análise de covariância e teste a posteriori de Scheffé, feitos apenas para as regressões significativas CLF x LLF (F_(2, 798)=6,32; p<0,001) e CLF x CP (F_(2,798)=6,81; p<0,001). **69**

Figura 3.2: Relação entre o comprimento do pecíolo e da lâmina da maior folha em indivíduos de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG (Regressão linear, N=260, ano 1997, r² = 0,84 ; a= -1,53 ; b= 1,28 ; p<0,001). **71**

Figura 3.3: Relação entre a largura e o comprimento da lâmina da maior folha em indivíduos de uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. (Regressão linear, N= 260, ano 1997, r²= 0,95 ; a= -0,0065 ; b=0,65 ; p<0,001). **71**

Figura 3.4: Distribuição do comprimento da lâmina foliar em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15m²). Outubro/1997. **72**

Figura 3.5: Distribuição do número de folhas em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/ 15m²). Outubro/1997. **72**

Figura 3.6: Relação entre comprimento da lâmina da maior folha (CLF) e o comprimento do caule (CC) de uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. (N= 260, ano 1997, CLF= 6,449 CC^{0,397}, r²= 0,66 ; p<0,001). **73**

Figura 3.7: Relação número de folhas e comprimento do caule em uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. . (Regressão linear, N= 260, ano 1997, r²= 0,55 ; a= 6,80 ; b= 1,80 ; p<0,001). **73**

Figura 3.8: Relação entre o comprimento da lâmina da maior folha e o número de folhas em uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. (Regressão linear, N= 260, ano 1997, r²= 0,29 ; a= 3,95 ; b= 0,93 ; p<0,001). **74**

RESUMO

BIOLOGIA DE UMA POPULAÇÃO DE *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae).

Eriocnema fulva é endêmica da região centro-sudeste do estado de Minas Gerais e é ameaçada de extinção. Os estudos foram realizados na Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100 m de altitude), no município de Nova Lima, MG, Brasil. A espécie é herbácea com caule prostrado, ocorrendo em manchas em paredões rochosos, na beira de riachos sombreados. O estudo foi feito com o objetivo de avaliar o sistema de reprodução, descrever a estrutura de tamanho e fertilidade da população e investigar o desenvolvimento da folha. Experimentos para estudos do sistema de reprodução foram feitos em 1997 e 1998. O florescimento é do tipo cornucópia e acontece em novembro e dezembro. As anteras são poricidas e o pólen é o único recurso para os visitantes. O número cromossômico encontrado na meiose foi $n=17$. A espécie é auto-compatível, não produz frutos por autopolinização espontânea nem por agamospermia, mas requer obrigatoriamente vetores de pólen, pois a síndrome de polinização é vibrátil. A reprodução cruzada é a principal estratégia de sobrevivência de *Eriocnema fulva*. Em outra área foram instaladas 15 parcelas contíguas de 1m x 1m. Todos os indivíduos cuja maior folha tivesse comprimento do limbo maior ou igual a 1cm foram marcados, em um total de 260, sendo medidos em 1997, 1998 e 1999. O tempo de expansão da folha foi registrado em 26 observações mensais. A grande proporção de indivíduos jovens mostrou que a população estava reproduzindo-se no local. O comprimento da lâmina da maior folha foi a melhor expressão do tamanho da planta na indicação de sua fase de desenvolvimento. Os dados indicam que o tamanho é importante para a fertilidade de *Eriocnema fulva* e que é um aspecto relevante a ser considerado para análises de probabilidades de sobrevivência da espécie. A competição intra-específica, indicada pela correlação negativa entre a produção de frutos por unidade de tamanho e a densidade, poderia influir na fertilidade, pois plantas maiores apresentaram maior produção de frutos. O crescimento da planta é lento e foram necessários dois anos para encontrar alterações no tamanho das plantas e mudanças para a população como um todo. O tempo necessário para expansão da folha foi superior a 14 meses e é lento quando comparado com folhas de espécies arbóreas do dossel da floresta tropical. Espera-se que algumas folhas tenham longevidade superior a 3 anos. Para *Eriocnema fulva* as relações das medidas de tamanho são significativas mostrando a inter-relação do comprimento foliar e número de folhas com o tamanho do indivíduo como um todo. A idade do indivíduo de maior tamanho foi estimada em 166 anos, através do acréscimo mediano anual de folhas. Estudos posteriores da dinâmica foliar e populacional e em outras áreas devem ser realizados para confirmar estas estimativas, e os aspectos gerais aqui descritos.

ABSTRACT

BIOLOGY OF A POPULATION OF *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae).

Eriocnema fulva is plant endemic of the central-southeast of Minas Gerais State and is considered an endangered species. The studies presented here were carried out at the Mata do Jambreiro Private Reserve of Natural Patrimony (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100m. a. s. l.), Nova Lima municipality, MG, Brazil. The species is herbaceous with the stalk touching the ground. It occurs as patches in canyons in shaded riverbanks. The study was done aiming at evaluating the reproduction system, describing the size structure and fertility of a population and investigating leaf development. In order to study the reproductive system, experiments were carried out in 1997 and 1998. The flowering phenology is the "cornucopia" strategy and blossoming occurs in November and December. Anthers are poricidal and pollen is the only reward for visitors. The number of meiotic chromosomes is $n=17$. The species is self-compatible but it does not produce fruit via autogamy or apomixis, i.e., pollen vectors are required for fruit production. The species has the buzz pollination syndrome. Outcrossing is the main reproductive strategy for survival of *Eriocnema fulva*. Fifteen 1 x 1m plots were set side by side. All individuals in which the larger leaf lamina was greater than 1cm were marked. We recorded 260 individuals that were measured in 1997, 1998 and 1999. The period of leaf expansion was measured in 26 monthly observations. The high proportion of young individuals showed that the population reproduced locally. Length of the larger leaf was the best expression of plant size. These data indicate that size is important for fertility of *Eriocnema fulva* and it should be a relevant aspect when analyzing survival probabilities of the species. Intraspecific competition was indicated by negative correlation between fruit production per size unity and density. This may affect fertility since larger plants showed higher fruit production. Plant growth was shown to be slow: it took two years for us to find alterations at the population level. The period necessary for leaf expansion was higher than 14 months and is slow compared to leaves of arboreal species of tropical forest canopy. It is expected that some leaves have a longevity of over three years. For *Eriocnema fulva* the relationships of the size measures are significant showing the interrelation of leaf length and number with the size of the individual as a whole. The age of the tallest individual was estimated to be 166 years by the median annual increase in the leaves. We recommend other studies on leaf and population dynamics and also in other areas to confirm these estimates and the general aspects described here.

INTRODUÇÃO GERAL

Eriocnema fulva Naudin (Melastomataceae) é uma espécie herbácea com caule prostrado, endêmica da região centro-sudeste de Minas Gerais e ameaçada de extinção. A especificidade do ambiente, a distribuição restrita, a ocorrência de populações com baixa abundância e as características de fragilidade das plantas levaram-nos, de forma intuitiva, a considerá-la como indicador de qualidade ambiental, pois dificilmente consegue sobreviver em ambientes alterados. Assim, a ameaça de extinção, o endemismo, a especificidade do ambiente, a inexistência de informações, além da beleza da planta, atraíram a nossa atenção.

A Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100 m de altitude), no município de Nova Lima, encontra-se próxima à porção sul da Cadeia do Espinhaço, estando na transição entre a Zona da Mata de Minas Gerais e o início do Cerrado. A região está inserida em área de contato entre dois biomas brasileiros: a Mata Atlântica e o Cerrado. Estes dois biomas estão incluídos entre as 25 regiões biologicamente mais ricas em espécies e mais ameaçadas do planeta, os chamados hotspots (Mittermeier *et al.* 2000).

A floresta atlântica é a região florística que mais tem sido alvo de divergências nos sistemas de classificação. A maioria dos autores concorda que a distribuição original da floresta atlântica estendia-se paralelamente à costa leste brasileira, do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul, com interrupções na face oriental da serra do Mar e largura variável a depender da latitude considerada (Kuhlmann 1952, Aubréville 1959, Veloso 1965, IBGE 1993). Para Aubréville, sua maior penetração encontra-se no Sudeste, na altura do Espírito Santo, onde formava um *continuum* que alcançava as proximidades de Belo Horizonte. Para Rizzini (1997), a floresta atlântica reveste a imensa cadeia montanhosa paralela à faixa litorânea brasileira, principalmente as serras do Mar e da Mantiqueira, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo. Além deste espaço, possui ainda numerosas extensões sob forma de capões e galerias, para dentro da cadeia de montanhas. Para Rizzini (1997), a floresta atlântica é constituída pelas florestas pluviais baixo-montana e montana. De acordo com

Veloso *et al.* (1991), em Minas Gerais a floresta atlântica compreende diferentes formações florestais. Está representada principalmente pela floresta estacional semidecídua, também chamada floresta mesófila, que ocupa grande parte do território. Para a elaboração da lista da flora ameaçada de Minas Gerais, considerou-se como floresta atlântica a faixa florestal que se estende por todo o leste, sudeste e sul do estado, indo além do *continuum* preconizado por Aubréville (1959) e alcançando o Triângulo Mineiro, onde, muito fragmentada, divide os interflúvios com os cerrados (Silva 2000).

Eriocnema fulva pertence à família Melastomataceae e a maior parte das espécies desta família encontra-se nos neotrópicos, com cerca de 480 espécies no Brasil (Barroso *et al.* 1984). Existe grande quantidade de gêneros endêmicos do Brasil, tais como *Lavoisiera*, *Lithobium*, *Eriocnema*, *Trembleya*, *Chaetostoma* (Almeda & Martins 2001), *Svitramia*, *Microlepis*, *Tibouchinopsis* (Renner 1993), entre outros. Conseqüentemente, todas as espécies destes gêneros são endêmicas. A família Melastomataceae tem grande representatividade florística no Brasil, ocorrendo em todas as formações vegetais, como restinga, mata, cerrados, campos, pantanal, exceto na caatinga, devido às restrições hídricas deste ecossistema (A. B. Martins, comunicação pessoal). No cerrado, dentre as espécies arbóreas são encontradas 32 espécies de Melastomataceae, sendo a quarta família em riqueza específica (Oliveira Filho & Ratter 2002) e no campo rupestre, com 90 espécies também é a quarta família melhor representada (Filgueiras 2002).

A família Melastomataceae tem 21 espécies ameaçadas de extinção no estado de Minas Gerais e dentre estas, *Eriocnema fulva* (COPAM 1997). O gênero *Eriocnema* pertencia à tribo Microlicieae, mas em revisão recente e com base em análises filogenéticas a partir de dados moleculares e morfológicos, foi transferido para a tribo Miconieae (Fritsch *et al.* no prelo). O gênero tem apenas duas espécies, *Eriocnema fulva* e *Eriocnema acaulis*, ambas endêmicas no estado de Minas Gerais (Cogniaux 1883). Até o momento foi registrada nos municípios de Ouro Preto, Sabará (Cogniaux 1883, Badini 1940) e Nova Lima (Andrade 1993). A ocorrência é restrita a ambientes úmidos, em paredões rochosos, na beira de

riachos sombreados pela mata. Considerando o sistema de classificação de espécies raras proposto por Rabinowitz (1981), *E. fulva* encontra-se no extremo da classificação, sendo uma espécie de distribuição geográfica restrita em grande e pequena escala, com habitat específico e as populações são pequenas.

A RPPN Mata do Jambreiro, nas margens do Córrego do Carrapato, tem um paredão de filito com uma população de *Eriocnema fulva*, onde está presente o maior número de indivíduos registrados na Reserva. Observando a população neste paredão, constatamos a presença de plantas de vários tamanhos e arquitetura, sem caule e com caule. A partir desta observação surgiram as perguntas: De onde vem tanta variação? Para que serve esta variação? Assim, considerando a extrema raridade e a grande variação populacional, surgiu a intenção de responder a estas perguntas e fornecer os dados biológicos básicos sobre uma espécie ameaçada e desconhecida.

O objetivo geral deste trabalho como um todo foi o levantamento de dados sobre a biologia de *Eriocnema fulva*, esperando que as informações pudessem contribuir para a conservação da espécie. Para ações efetivas visando à conservação de uma espécie, inicialmente precisamos entender os fatores que afetam a sobrevivência da população (Schemske *et al.*1994). Além das condições ambientais, os fatores são diversos e incluem desde características das sementes até a diversidade do sistema de reprodução, que nas plantas abrange desde agamospermia e auto-polinização até a reprodução cruzada completa (Fryxell 1957). Ainda devemos considerar a dependência de vetores para a polinização e dispersão de sementes. As probabilidades de sobrevivência geralmente são avaliadas através do número de indivíduos que se mantêm vivos durante um intervalo de tempo (Schemske *et al.*1994). Em todos os capítulos, estudamos alguns dos aspectos que podem identificar os fatores que afetam o número de indivíduos. As probabilidades de sobrevivência do indivíduo podem estar relacionadas ao seu tamanho (Begon *et al.* 1996). A proporção de indivíduos adultos e seu potencial reprodutivo, expresso como número médio de sementes por indivíduo, contribuem para o número futuro de indivíduos da população. Os diversos tamanhos dos indivíduos na população geralmente refletem as etapas do

desenvolvimento e estas podem apresentar características morfológicas distintas (Gatsuk *et al.* 1980). A idade e o potencial reprodutivo do indivíduo podem estar relacionados ao tamanho. Em plantas herbáceas de folhas grandes o tamanho do indivíduo está relacionado ao número e à dimensão das folhas e estas foram a referência principal para este estudo. Assim, visando compreender alguns dos fatores relacionados à sobrevivência de *Eriocnema fulva*, foram estudados o sistema de reprodução e as relações entre tamanho, fertilidade e idade.

A tese está estruturada na forma de três capítulos distintos, autônomos enquanto artigos científicos. Assim, logo após a defesa podem ser enviados para publicação. Entretanto, os artigos encontram-se interligados, constituindo um trabalho coeso, que procura responder perguntas sobre a biologia dessa espécie. As citações e referências bibliográficas seguem as normas do Journal of Tropical Ecology, mas na formatação procurou-se uma apresentação para facilitar a leitura, mantendo figuras e tabelas no meio do texto. A área de estudo foi descrita apenas no primeiro capítulo para evitar repetições desnecessárias.

O primeiro artigo estuda o sistema de reprodução, que está relacionado com a capacidade da espécie de deixar descendentes e, conseqüentemente, com a estrutura da população. Relata o tipo de florescimento, as características da semente e investiga o número cromossômico. O objetivo foi avaliar o sistema de reprodução de *Eriocnema fulva*, situando-o entre os sistemas presentes na família Melastomataceae e, assim, contribuir para a compreensão dos mecanismos envolvidos na sobrevivência das populações.

O segundo artigo considera a importância das relações entre tamanho, sobrevivência e fertilidade. Descreve a estrutura de tamanho de uma população da espécie, apresentando as características de fertilidade que estão relacionadas à variação de tamanho dos indivíduos. Procuramos responder às seguintes perguntas: 1) Quais são as medidas de tamanho que melhor descrevem o desenvolvimento da planta? 2) Como é a hierarquia de tamanho na população? 3) O tamanho e a fertilidade estão relacionados? 4) As relações entre tamanho e fertilidade variam na população através do tempo? 5) A fertilidade dos indivíduos da população varia entre

os anos? 6) Existe relação entre a fertilidade, a densidade e o tamanho dos indivíduos?

O terceiro artigo parte do princípio que a planta é herbácea ocorrendo no estrato inferior da floresta tropical e investiga a importância da folha e de suas alterações durante a ontogenia para a sobrevivência da espécie. As questões levantadas foram as seguintes: 1) Como cresce uma folha e seu pecíolo? 2) O número de folhas aumenta durante a ontogênese da planta? 3) Quanto tempo dura uma folha? 4) O tamanho da folha tem relação com sua longevidade? 5) O crescimento da folha está relacionado à estrutura da planta e da população? 6) É possível estimar a idade dos indivíduos a partir de informações sobre a folha?

Referências

- ALMEDA, F. & MARTINS, A. B. 2001. New combinations and names in some brazilian Microlicieae (Melastomataceae), with notes on the delimitation of Lavoisiera, Microlicia, and Trembleya. *Novon* 11: 1-7
- AUBRÉVILLE, A. 1959. As florestas do Brasil- estudo fitogeográfico florestal. An. Bras. Econ. Flor., 11: 210-232.
- BADINI, J. 1940. Contribuição à geobotânica das Melastomataceas ouropretanas. *Revista Farmaceutica de Ouro Preto*. Ano I N.^{os} 4 e 5 P8.
- BARROSO, G. M.; PEIXOTO, A.L.; COSTA, C.G.; ICHASO, C. L. F.; GUIMARÃES, E. F.; LIMA, H. C. 1984. Sistemática de angiospermas do Brasil. Vol. 2. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSED, C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3 rd ed. Blackwell Science, Oxford.

- COGNIAUX, A. 1883. Melastomataceae Tribus I Microlicieae Triana. In: Martius, C.F.P. von; Endlicher, S.; Eichler, A.G. & Urban, J. 1860/1906. *Flora brasiliensis*. Monachii, Lipsiae apud Frid. Fleischer in comm. Vol. 14, t.3.
- COPAM 1997. Deliberação Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), número 85, de 21 de Outubro de 1997. *Diário do Executivo, Legislativo e Publicações de Terceiros. Minas Gerais*, 30.10.1997 Caderno 1: 10-12.
- FILGUEIRAS, T. S. 2002. Herbaceous plant communities. In: Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (ed.). *The cerrados of Brasil, Ecology and natural history of a neotropical savanna*. Columbia University Press. New York.
- FRYXELL, P. A. 1957. Mode of reproduction of higher plants. *The Botanical Review* 23(3) 135- 233.
- FRITSCH, P. W.; ALMEDA, F.; RENNER, S.; MARTINS, A. B.; CRUZ, B.C. Phylogeny and circumscription of the near- endemic brazilian tribe Microlicieae (melastomataceae). *American Journal of Botany* (no prelo).
- GATSUK, E.; SMIRNOVA, O V.; VORONTZOVA, L.I.; ZAUGOLNOVA, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology* 68:675-96.
- KUHLMANN, E. 1952. Os grandes traços da fitogeografia do Brasil. *Boletim Geográfico*. 11(117): 618-628.
- IBGE- FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1993. *Mapa da Vegetação do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE.
- MITTERMEIER A. R. ; MYERS N.; GIL P. R.; MITTERMEIER C. G., 2000. *Hotspots - Earth Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. Cemex and Conservation International. 430 p. Ilust.

- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & RATTER, J. A. 2002. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. *In: Oliveira, P.S. & Marquis, R. J (ed.). The cerrados of Brasil, Ecology and natural history of a neotropical savanna.* Columbia University Press. New York.
- RABINOWITZ, D. 1981. Seven forms of rarity. *In: Synge, H. (ed.) The biological aspects of rare plants conservation.* John Wiley & Sons Ltd.
- RENNER, S. S. 1993. Phylogeny and classification of the Melastomataceae and Memecylaceae. *Nord. J. Bot.* 13: 519- 540.
- RIZZINI, C. T. 1997. Tratado de fitogeografia do Brasil. 2^a. ed. Rio de Janeiro. Âmbito Cultural Edições Ltda.
- SCHEMSKE, D.W.; HUSBAND, B.C.; RUCKELSHAUS, M.H.; GOODWILLIE, C.; PARKER, I.M. & BISHOP, J.G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75(3) 584-606.
- SILVA, A. F. 2000. Floresta Atlântica. *In: Mendonça, M. P. & Lins, L. V. Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais.* Fundação Biodiversitas & Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte. Belo Horizonte, MG.
- VELOSO, H. P. 1965. Contribuição à fitogeografia do Brasil. II: A estrutura da vegetação como elemento de classificação dos climaxes brasileiros. *In: An. Bras. Econ. Flor.* 17: 123-134.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.* Rio de Janeiro, IBGE. 123p.

CAPÍTULO 1 - SISTEMA DE REPRODUÇÃO DE *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae) NA MATA DO JAMBREIRO, NOVA LIMA, MINAS GERAIS.

RESUMO

Eriocnema fulva Naudin é uma planta herbácea, perene, endêmica em Minas Gerais e está na lista das espécies ameaçadas de extinção naquele estado. A Mata do Jambreiro (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100m de altitude), situa-se no município de Nova Lima, no centro-sudeste de Minas Gerais, Brasil. Com o objetivo de avaliar o sistema de reprodução situando-o entre os tipos de reprodução presentes na família Melastomataceae, foram feitos experimentos em uma população na Mata do Jambreiro em 1997 e 1998. As flores são brancas e o florescimento é do tipo cornucópia, ocorrendo uma vez ao ano durante novembro e dezembro. As anteras são poricidas e o pólen é a única recompensa para os visitantes. O número cromossômico encontrado na meiose foi $n= 17$. As características do sistema de reprodução de *E. fulva* enquadram-se entre as mesmas encontradas para a maioria das Melastomataceae. A espécie é autocompatível, não produz frutos por autopolinização espontânea nem por agamosperma, mas requer obrigatoriamente vetores de pólen, pois a síndrome de polinização é vibrátil. A reprodução cruzada deve ser a principal estratégia de sobrevivência de *Eriocnema fulva*, sendo acentuada devido ao pequeno número de flores abertas por dia, apenas uma ou duas em cada planta. A proporção de sementes que germinaram após trinta dias foi de 47%. Embora as populações estejam localizadas em ambientes sombrios e úmidos, as sementes precisam de luz para germinar, sendo fotoblásticas positivas. Estudos da biologia da polinização, estrutura genética das populações e dispersão de sementes confirmariam algumas das conclusões sugeridas.

CHAPTER 1 – REPRODUCTION SYSTEM OF *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae) AT JAMBREIRO FOREST, NOVA LIMA, MINAS GERAIS.

ABSTRACT

Eriocnema fulva Naudin is a perennial herbaceous plant, endemic of Minas Gerais State and is considered an endangered species in this State. Jambreiro Forest (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100m altitude) is located in the municipality of Nova Lima, center-southeast Minas Gerais, Brazil. With the objective of evaluating the reproduction system, and thus situating it among those found in the Melastomataceae family, experiments were carried out in 1997 and 1998. The flowers are white and flowering is of the cornucopia type, occurring once a year throughout November and December. Anthers are poricide and pollen is the only reward for visitors. Chromosome number found in meiosis was $n=17$. The characteristics of the reproduction system of *E. fulva* may be included in those found in most Melastomataceae. The species is self-compatible, does not produce fruits by spontaneous self-pollination or by agamospermy, but necessarily requires pollen vectors, since pollination syndrome is vibratil. Cross-fertilization is the main survival strategy of *Eriocnema fulva*, and is accentuated due to the small number of flowers (one or two in each plant) open per day. The proportion of seeds that germinated after thirty days was 47%. Although the populations are located in shaded and humid environments, the seeds need light to germinate, being positive photoblastic. Studies on pollination biology, population genetic structure and seed dispersal would confirm some of the suggested conclusions.

Introdução

A família Melastomataceae tem cerca de 4500 espécies, principalmente nas áreas tropicais e subtropicais do Novo Mundo (Stein & Tobe 1989). Nos neotrópicos, ocorrem mais de 3000 espécies em 107 gêneros (Renner 1989). O gênero *Eriocnema* Naudin pertence à tribo Microliceae e tem duas espécies descritas: *E. fulva* Naudin e *E. acaulis* Triana (Cogniaux 1883). Ambas apresentam distribuição geográfica restrita, ocorrendo como grupo de plantas em paredões rochosos, na beira de riachos sombreados pela mata estacional semidecídua. *Eriocnema fulva* é endêmica em Minas Gerais.

Os primeiros registros de *Eriocnema fulva* foram realizados nas expedições européias de coletas botânicas da metade do século XIX (Cogniaux 1883). Posteriormente, foi coletada nas décadas de 1940 e 1990, sendo até o momento registrada nos municípios de Ouro Preto, Sabará (Cogniaux 1883, Badini 1940) e Nova Lima (Andrade 1993). Embora esteja na lista das espécies ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais (COPAM 1997), não existem informações sobre a sua biologia ou sobre o seu sistema de reprodução. Essas informações são básicas para subsidiar ações voltadas ao manejo e à conservação.

A literatura sobre a família Melastomataceae registra diversidade no sistema reprodutivo, nos mecanismos de dispersão e na preferência por habitats. As espécies podem ser autocompatíveis ou auto-incompatíveis e ainda existem casos de agamospermia e hibridações entre espécies simpátricas (Renner 1986/1987; 1989; 1990; Borges 1990; Gross 1993; Goldenberg 1994, Melo & Machado 1997 Goldenberg & Varassin 2001). No entanto, as espécies de Melastomataceae apresentam similaridade no sistema de polinização do tipo vibrátil, sendo as flores visitadas quase exclusivamente por abelhas que vibram as anteras poricidas quando coletam pólen para as suas larvas (Vogel 1978, Buchmann 1983; Renner 1984; 1989).

O sistema de reprodução é considerado como capaz de gerar e aumentar, ou diminuir, a variabilidade entre os indivíduos de uma população. O conhecimento da forma de reprodução de uma espécie tem implicações econômicas para agricultura (Fryxell 1957) e é também necessário para entender os processos evolutivos e biogeográficos e sua influência na estrutura da população. O interesse no estudo dos sistemas de reprodução não é recente (Fryxell 1957) e, em ambientes tropicais, a reprodução cruzada obrigatória tem sido considerada a principal estratégia (Bawa 1974, Ruiz & Arroyo 1978, Sobrevila & Arroyo 1982, Bawa *et al* 1985, Bullock 1985). A estratégia de reprodução de uma espécie afeta o tamanho da população e a distribuição da variação genética (Lande 1988, Menges 1991). O sistema de reprodução e de dispersão influencia na especiação, e a especiação em plantas superiores é também influenciada pela distribuição e níveis de instabilidade do habitat (Simpson 1953, Slatkin 1987). O sistema de reprodução das plantas tem sido identificado como o principal fator influenciando na estrutura genética das populações (Loveless & Hamrick 1984). Tem sido argumentado que as diferenças do número de espécies entre os táxons dependeriam das diferenças entre as taxas de especiação e extinção e que a dispersão biótica do pólen e dos diásporos pode incrementar a probabilidade de especiação e reduzir a probabilidade de extinção (Bawa 1995). Assim, a forma de reprodução está diretamente relacionada com a capacidade da espécie de deixar descendentes. Este estudo tem por objetivo avaliar o sistema de reprodução de *Eriocnema fulva*, situando-o entre os sistemas presentes na família Melastomataceae e, assim, contribuir para a compreensão dos mecanismos envolvidos na sobrevivência de suas populações.

Material e Métodos

Área de estudo:

A Mata do Jambreiro e localiza-se na região centro-sudeste de Minas Gerais, entre 19°58'-59'S e 43°55'-52' W, município de Nova Lima, ocupando 912 hectares, na região metropolitana de Belo Horizonte (Figura 1.1). A região de Nova Lima situa-se na bacia do São Francisco, no quadrilátero ferrífero, que é

drenado de norte a sul pelo rio das Velhas e seus tributários (Alves 1988). O clima é Cwa de Köppen, temperado macrotérmico com verões brandos e inverno seco não rigoroso, as chuvas (1400-1600 mm/ano) predominam no semestre mais quente (outubro a março), a temperatura média anual é de 18 °C, a média das máximas de 21 °C e a das mínimas de 14 °C (Alves 1988). O solo é Cambissolo distrófico (CETEC 1983) e a altitude varia entre 800 e 1100 m, sendo a topografia ondulada. Este estudo foi feito numa área adjacente ao ribeirão do Cardoso, também chamado de córrego do Carrapato, a 850 m de altitude (PLAMBEL 1977). A mata faz limites com a serra do Curral, com minas de minério de ferro das Minerações Brasileiras Reunidas, e vários loteamentos e pastagens próximas à cidade de Nova Lima. Os terrenos da Mata do Jambreiro são de propriedade da empresa Minerações Brasileiras Reunidas (MBR) e em agosto de 1998 foi regulamentada como Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), através da Portaria Número 070 de 11 de setembro de 1998, do Instituto Estadual de Florestas (IEF), órgão do sistema de meio ambiente do Estado de Minas Gerais.

Vegetação

A mata possui um dossel com cerca de 10 a 20 m de altura, algumas árvores são emergentes, aparecendo em menor número na fisionomia. São espécies freqüentes: *Sclerolobium rugosum* Mart., *Inga luschnathiana* Benth., *Croton echinocarpus* Muell. Arg. e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan . As embaúbas *Cecropia pachystachya* Trécul., *C. hololeuca* Miquel. e *C. glazioui* Sneth são relativamente abundantes, destacando-se na fisionomia da mata (Andrade 1993). No sistema de classificação do IBGE (Velooso *et al.* 1991), a vegetação da Mata do Jambreiro é classificada como Floresta Estacional Semidecídua Montana.

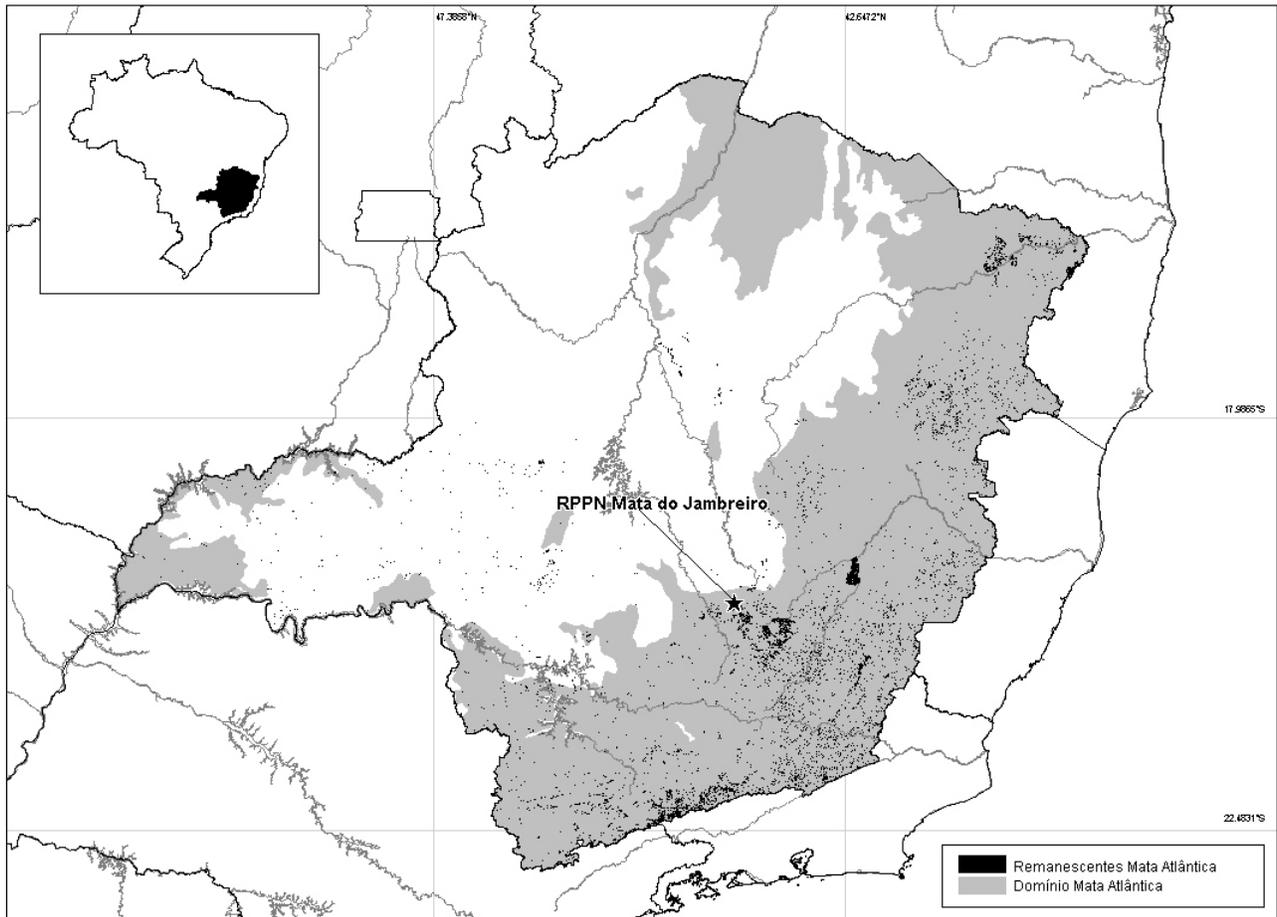


Figura 1.1: Localização da Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro ($19^{\circ}58'-59'S$, $43^{\circ}55'-52' W$, 800-1100 m de altitude), no município de Nova Lima, MG, Brasil. Fonte: Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, MG. Base de dados da Fundação SOS Mata Atlântica, 1998.

Características das plantas

As populações de *Eriocnema fulva* são encontradas em habitats muito característicos, em paredões rochosos muito úmidos e sombreados, próximos a curso de água. Na Reserva Mata do Jambreiro, ocorrem descontinuamente ao longo de 3 km nas margens do córrego do Carrapato e são quase puras, associando-se apenas a musgos e samambaias (observação pessoal).

Eriocnema fulva é perene, as plantas jovens são herbáceas rosuladas e as plantas adultas são prostradas, tendo um único eixo caulinar, que pode atingir até cerca de 70 cm de comprimento (Figura 1.2 e 2.1). No sistema de formas de vida de Raunkiaer (1934), podem ser classificadas como hemicriptófito rosulado na fase jovem e como caméfito ativo na fase adulta, com o caule apoiado e pendente no paredão rochoso. As folhas são opostas, ovadas com base cordiforme, pilosas, curvinérveas. A planta pode apresentar folhas de diversos comprimentos. As folhas menores geralmente encontram-se na parte superior da planta. As folhas maiores são pendentes na porção inferior dos indivíduos e possuem pecíolos mais longos. O número de folhas podem variar desde dez ou menos, até cerca de oitenta folhas nas plantas de maiores tamanhos. Os pecíolos são pilosos, fulvos, podendo ser curtos (0,5 cm) ou até muito longos (30 cm). O caule é marrom avermelhado e muito piloso, podendo ser simples ou apresentar bifurcação. Indivíduos adultos (reprodutores) podem não apresentar caule, ou ter comprimentos variados (observação pessoal).

O fruto é uma cápsula do tipo velatídio, com sementes (Figura:1.2, D) numerosas e pequenas (cerca de 2 mm de comprimento), tenuamente reticuladas e brilhantes (Baumgratz 1983-1985). A semente possui uma estrutura translúcida semelhante a uma bolsa de ar (observação pessoal). Geralmente, sementes de fruto do tipo cápsula em Melastomataceae são dispersas pelo vento (Renner 1989).

Método de campo e análise de dados:

Na Mata do Jambreiro, *Eriocnema fulva* é observada como agrupamentos em paredões com substrato rochoso (filito), na beira de riachos sombreados pela

mata. O sistema de reprodução foi verificado através da observação direta e de experimentos (Renner 1989). A espécie floresce nos meses de novembro e dezembro. Foram realizados os seguintes experimentos no período reprodutivo de 1997, repetidos no período reprodutivo de 1998:

- a) autopolinização espontânea – botões em pré-antese foram ensacados com tule e mantidos assim até o final da antese;
- b) autopolinização manual (autogamia) – botões em pré-antese foram ensacados e, após a antese, o estigma recebeu o pólen da mesma flor;
- c) polinização cruzada (xenogamia) – botões em pré-antese foram emasculados e ensacados e, após a antese, o estigma recebeu o pólen de outras plantas da mesma espécie;
- d) agamospermia – botões em pré-antese foram emasculados, ensacados e não polinizados;
- e) controle (polinização em condições naturais) – flores de diversas plantas foram acompanhadas sem serem submetidas a tratamentos.

Foram usadas pelo menos 30 flores para cada experimento. As flores de todos os experimentos foram marcadas com linhas coloridas e observadas durante a fase de desenvolvimento dos frutos.

Durante a antese, observamos o estigma, procurando por mudanças detectáveis visualmente para definir o período de receptividade. O horário de abertura da flor foi registrado, bem como o tempo durante o qual a flor ficava aberta, o número de flores abertas por dia em cada planta e a duração do período de floração por planta. Para as polinizações manuais, o pólen foi retirado das anteras e colocado sobre lâmina de vidro, sendo o estigma friccionado nessa superfície. Para verificar a viabilidade do pólen, foram coletados botões de 10 indivíduos diferentes. Os botões foram fixados em Carnoy (3 partes de etanol e 1 parte de ácido acético glacial) e armazenados em álcool 70% no freezer. O pólen foi observado em microscópio óptico, em lâmina de vidro, onde foi adicionada uma gota de carmim acético 1,2% (Medina & Conagin 1964). Em cada lâmina foram analisados cerca de 100 grãos de pólen, e foi amostrado um total de 1000 grãos de pólen. Os grãos de pólen viáveis apresentavam o citoplasma bem corado e

avermelhado. Este mesmo método foi utilizado para determinar o número cromossômico em botões florais no início do desenvolvimento (Medina & Conagin 1964). O registro do resultado das polinizações controladas foi feito após um ou dois meses, quando os frutos estavam desenvolvidos. O desenvolvimento dos frutos foi acompanhado mensalmente durante 1998 e 1999 para verificar se havia sementes. A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para verificar se houve diferença significativa nos resultados dos diferentes tratamentos de polinização controlada. Para esses cálculos, os dados foram transformados através do arco-seno da raiz quadrada da proporção do número de frutos produzidos (Zar 1984).

Para identificar visitantes florais, foram feitas observações desde as 8:00 horas da manhã até as 16:00 horas (Gross 1993), totalizando cerca de 60 horas, durante todo o mês de floração no ano de 1999.

Em outras populações da mesma espécie, coletamos frutos que foram enviados à Seção de Sementes do Instituto Agronômico de Campinas, para testes de germinação. Foram aplicados os seguintes tratamentos: a) temperatura constante de 20°C sob alternância de 8h de luz e 16h de escuro; b) escuro, com alternância de temperatura entre 15°C (16h) e 20°C (8h); c) claro contínuo a 30°C; d) escuro contínuo a 30°C; e) claro contínuo a 20°C. Todos os tratamentos foram feitos com duas repetições de 25 sementes cada, exceto o claro contínuo, que foi feito com número indeterminado de sementes. O substrato era constituído por duas folhas de papel de filtro umedecidas com solução de nistatina (100 unidades/ml). Os testes iniciaram-se em julho/97 e foram concluídos em setembro/97. Também foram realizados testes de germinação de sementes em casa de vegetação com solo orgânico coletado na mata, sem controle das condições de luz ou temperatura. A contagem do número de sementes foi realizada em seis cápsulas coletadas no início da abertura, em quatro indivíduos em agosto de 1999.

Resultados

Características das flores:

Os primeiros sinais de estruturas reprodutivas nas plantas apareceram no final de outubro em ambos os anos de observação. Na segunda quinzena de

novembro os botões estavam em desenvolvimento. O período mais intenso de floração durou cerca de um mês, iniciando-se por volta do dia 20 de novembro e permanecendo até o dia 22 de dezembro em ambos os anos de observação. Flores esparsas ocorreram antes e após este período. O florescimento da espécie enquadra-se na categoria cornucópia (Gentry 1974). Plantas com padrão de cornucópia têm um longo período de floração e abrem uma pequena proporção de flores por dia.

As flores são axilares e as inflorescências são uma variação do tipo umbela. São muito freqüentes inflorescências com até três flores, mas pode haver várias inflorescências com até 30 flores em cada pedúnculo principal. Inflorescências com um número grande de flores são pouco freqüentes. Cada indivíduo pode ter três ou quatro inflorescências, mas são mais comuns indivíduos com duas ou, predominantemente, uma inflorescência.

As flores são brancas com cinco pétalas e 10 estames com anteras amarelas porcidas, o gineceu tem o estilete longo e esbranquiçado (Figura 1.2). O único atrativo para os visitantes é o pólen. A antese não tem horário específico, ocorrendo durante o dia ou durante a noite. Em cada indivíduo uma ou duas flores abrem diariamente. O período de duração da flor, desde o início da antese até a senescência completa com a queda das pétalas, é de quatro dias. O provável período fértil é de dois dias. Não foi possível detectar a receptividade do estigma, que é pequeno e puntiforme e não apresenta qualquer sinal visível que possa ser interpretado como indicativo de receptividade. No início da antese os estames estão dobrados, depois se colocam em posição semi-dobrada e no final da antese estão completamente desdobrados. A antese completa, até o desdobramento total dos estames, acontece em 24 horas. O processo parece ocorrer gradualmente tanto pela manhã quanto à tarde ou à noite. As anteras apresentaram uma proporção de viabilidade de cerca de 87% para 1000 grãos de pólen examinados. O processo meiótico apresentou regularidade. O número cromossômico encontrado na meiose foi $n= 17$ (Figura 1.3).

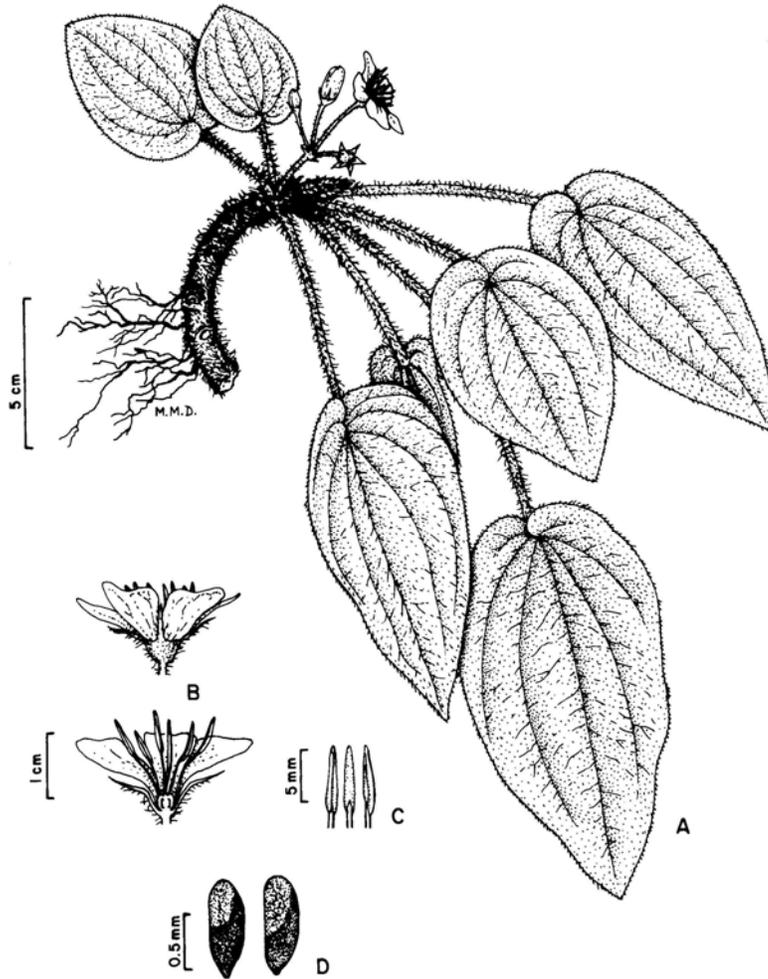


Figura 1.2: A. *Eriocnema fulva*, indivíduo reprodutivo com inflorescência, caule e raiz. B. Flor, parte interna em corte longitudinal. C. Estames. D. Sementes.

Sistema reprodutivo

Eriocnema fulva tem reprodução sexuada e é autocompatível. Propagação vegetativa não foi observada. Não houve produção de frutos por agamospermia (com emasculação) nem por meio de autopolinização espontânea (tabela 1.1). Esses resultados mostraram que *E. fulva* não é agamospérmica e que não ocorre a autopolinização espontânea em condições naturais, havendo necessidade da ação do polinizador.

Tabela 1.1: Resultados dos experimentos de polinização controlada em *Eriocnema fulva* durante os períodos reprodutivos de 1997 e de 1998. FL= número de flores, FR= número de frutos, %= porcentagem de frutos produzidos.

Ano	1997			1998		
	FL	FR	%	FL	FR	%
Procedimento						
Emasculação (agamospermia)	69	0	0	48	0	0
Autopolinização espontânea	55	0	0	43	0	0
Polinização manual (mesmo indivíduo)	32	4	12,50	54	8	14,81
Polinização cruzada (xenogamia)	38	7	18,42	54	23	42,59
Condições naturais	121	31	25,61	60	12	20

A análise de variância indicou que não houve diferença significativa na proporção de frutos produzidos entre as condições naturais, a polinização cruzada e a polinização manual entre os indivíduos acompanhados nos dois anos em que o experimento foi realizado [1997 - $F_{(2,33)} = 0,538$; $p = 0,58$ e 1998- $F_{(2,32)} = 0,293$; $p = 0,74$].



Figura 1.3: Célula meiótica de *Eriocnema fulva*, em diacinese, com 17 bivalentes.
Escala = 5 μ m.

Visitantes florais:

Observamos dois tipos de abelhas como visitantes florais, sendo uma do gênero *Trigona* e outra não identificada, com cerca de 1cm de comprimento, de abdômen verde-metálico e de vôo muito rápido. As duas espécies de visitantes faziam visitas muito rápidas. Aparentemente, na maior parte do tempo, os visitantes estiveram ausentes. Os estames foram predados com frequência, possivelmente por *Trigona* sp.. Observou-se também a predação da borda de pétalas.

Frutos e sementes:

A média e o desvio padrão do número de sementes encontradas em seis cápsulas foram respectivamente de 130,84 e 66,82. A semente possui uma estrutura semelhante a uma bolsa de ar. Geralmente, sementes de fruto do tipo cápsula em Melastomataceae são dispersas pelo vento (Renner 1989). Entretanto, em *E. fulva* observamos que freqüentemente o eixo da inflorescência e o pedicelo floral se curvam depois de secos e a cápsula encosta-se ao paredão rochoso. Nestas circunstâncias, quando o fruto amadurece, a cápsula se rompe e libera gradativamente as sementes. Muitas sementes aderem ao substrato imediatamente embaixo da cápsula. As sementes germinam neste local e é possível observar muitas plântulas ao redor da planta mãe.

Nos testes de germinação feitos pela Seção de Sementes do Instituto Agrônomo de Campinas, houve germinação (14%) apenas no tratamento com temperatura constante de 20 °C sob alternância de 8 h de luz e 16 h de escuro. As sementes germinaram após cerca de 30 dias. Como as sementes não germinaram no escuro, pode-se inferir que sejam fotoblásticas positivas. Nos testes realizados em casa de vegetação, sem controle de luz ou temperatura, as sementes germinaram após dois meses. Em uma segunda tentativa, a germinação ocorreu após 25 dias e das 315 sementes germinaram 47%. No cultivo sem controle de luz e temperatura, o crescimento foi lento e anormal, ocorrendo estiolamento em todos os indivíduos que sobreviveram.

Frutos com sementes viáveis ocorreram em um período longo do ano. Frutos foram coletados em maio e setembro e as sementes germinaram de modo semelhante. Durante a floração, em dezembro, ainda estavam presentes alguns frutos com sementes resultantes do evento reprodutivo anterior. Cápsulas com sementes foram observadas nas plantas até 15 meses após o amadurecimento do fruto.

DISCUSSÃO

As flores de *E. fulva* podem ser classificadas como do tipo aberto (Faegri & Van der Pijl 1971), sendo actinomorfas, não tubulosas e tendo órgãos sexuais no centro. O pólen é o único atrativo aos visitantes florais. O período de floração é relativamente longo (cerca de um mês e meio). As anteras possuem deiscência poricida. Embora não tenham sido observados visitantes com comportamento de movimento vibratório, essas características indicam que a planta possui síndrome de polinização vibrátil (Buchmann 1983).

Eriocnema fulva confirma as considerações de Renner (1989) sobre o sistema de reprodução da maioria das Melastomataceae, em que a principal forma de promover a reprodução cruzada é a separação efetiva entre o pólen e o estigma da mesma flor (hercogamia), porque o pólen é fechado em anteras tubulares com poros apicais. A forma de polinização é determinada pelo tipo de atrativo oferecido. Oferecendo apenas pólen como atrativo, espécies de Melastomataceae são polinizadas exclusivamente por abelhas vibradoras, porque a estrutura das anteras exclui todos os outros tipos de visitantes coletores de pólen (Renner 1989). Além disto, Renner (1989) também argumentou que Melastomataceae parece confirmar que a polinização vibrátil é tão eficiente que, uma vez estabelecida, dificilmente qualquer outro mecanismo de polinização pode evoluir, mesmo em grupos muito ricos em espécies. O tipo básico de flores em Melastomataceae seria provavelmente o resultado de coevolução entre antigos ancestrais de Melastomataceae e abelhas (Renner 1990). Abelhas *Trigona* foram observadas visitando as flores de *Eriocnema fulva*. Entretanto, as abelhas *Trigona*

geralmente não contatam o estigma, mas pilham o pólen das anteras, que não são capazes de vibrar (Renner 1983, 1989). Não observamos qualquer inseto predando as anteras, mas as encontramos danificadas com freqüência. Embora tenham sido feitas cerca de 60 horas de observação, a abelha de abdômen verde-metálico, foi observada em apenas três ocasiões. Provavelmente, este visitante é o polinizador, que vibra as anteras para retirar o pólen, sendo responsável pela formação de fruto em condições naturais. *Eriocnema fulva* é autocompatível, mas requer obrigatoriamente vetor de pólen, devido à síndrome de polinização vibrátil, que coloca o sucesso reprodutivo da espécie como dependente da presença do polinizador. Estudos da biologia da polinização de *Eriocnema fulva* são necessários para esclarecer quais são os polinizadores.

O sistema de cruzamento de uma espécie pode ser influenciado também pelas atividades dos polinizadores e pela densidade de flores. Em populações com baixa densidade floral, ocorre maior dispersão de pólen e menor incidência de autopolinização (Levin & Kerster 1974). Nas interações entre plantas e seus polinizadores, o espaço entre plantas vizinhas parece ser o fator mais importante no sucesso da polinização (Kunin 1997). Como *Eriocnema fulva* é autocompatível (Tabela 1.1), a eficiência da polinização cruzada também pode ser determinada pelo comportamento do polinizador, pela distribuição espacial dos indivíduos da população e pelo número de flores disponíveis simultaneamente por planta. Cada planta de *Eriocnema fulva* abre apenas uma ou duas flores por inflorescência por dia, portanto o número de flores disponíveis para geitonogamia é pequeno. Além disso, poucos indivíduos apresentam mais de uma inflorescência. Neste caso, quando existe baixa produção de flores e floração assincrônica, os polinizadores visitam poucas flores de cada planta, realizando intenso movimento entre as plantas. Com esse padrão de visitas, o fluxo de pólen ocorre sobretudo entre plantas distintas, aumentando a xenogamia (Campbell 1985). Assim, a possibilidade de uma flor ser polinizada a partir de outra flor da mesma planta (geitonogamia) é pequena. Isto indica que a reprodução cruzada (xenogamia) para esta espécie deve ser predominante, apesar de não haver incompatibilidade genética que impeça a autogamia ou a geitonogamia. A reprodução cruzada provê

pelo menos duas vantagens vitais. A primeira implica em que cada nova planta contém uma nova combinação de genes, podendo adaptar-se a variações ambientais e a segunda é que a recombinação gênica pode prevenir a expressão de mutações deletérias (Proctor et al. 1996). Assim, a estratégia reprodutiva presente em *Eriocnema fulva* contribui para a sobrevivência dos descendentes e, conseqüentemente, da espécie. Entretanto, para abordar esses assuntos e suas conseqüências, há necessidade de estudo do fluxo de pólen entre indivíduos de *Eriocnema fulva*.

Por que a autocompatibilidade pode ser vantajosa para *Eriocnema fulva*? Os processos seletivos envolvidos no desenvolvimento de um sistema que inclua tanto a reprodução cruzada quanto a autocompatibilidade nas Melastomataceae, como um todo, são complexos (Renner 1990, 1989; Goldemberg & Shepherd 1998), não sendo o objetivo desta discussão. Entretanto, uma das vantagens da autocompatibilidade aparece quando novas populações são fundadas por apenas um indivíduo (Wells 1979). Neste caso, a reprodução cruzada é impossível, devido à ausência de outros indivíduos da espécie nas proximidades. Provavelmente, através da autocompatibilidade, *Eriocnema fulva* consiga maior sucesso no estabelecimento ao longo do riacho, pois em alguns pontos ocorrem plantas isoladas ou grupos com poucos indivíduos. Nesses locais, a reprodução seria possível apenas se o polinizador percorresse longas distâncias ou se houvesse autocompatibilidade. Como *Eriocnema fulva* ocorre ao longo de pelo menos 3 Km nos paredões do riacho, isto poderia indicar que a autocompatibilidade contribui para dispersão e estabelecimento de novas populações da espécie. Cada novo indivíduo que se estabelece pode, a partir da autofertilização, gerar sementes que têm a possibilidade de alcançar um novo ambiente propício mais distante. A repetição desse processo ao longo do tempo pode ser o processo de ocupação dos paredões úmidos ao longo do rio.

A produção de frutos por agamospermia tem sido registrada na família Melastomataceae e foram discutidas as implicações evolutivas e adaptativas deste processo (Goldemberg & Shepherd 1998). Além disso, a família também apresenta poliploidia e hibridação (Renner 1989). Neste contexto, o sistema de

reprodução sexuada de *Eriocnema fulva* é mais regular, com 85% de viabilidade do pólen e regularidade meiótica, o que possivelmente tem relação com os processos evolutivos e filogenéticos dentro do grupo. Há poucas informações sobre números cromossômicos na tribo Microliceae, sendo freqüentes $n=10$, 11 e 12 (Almeda, 1997). O número encontrado em *Eriocnema fulva* ($n=17$) é uma nova informação, que poderá ajudar na melhor compreensão do grupo e na eventual solução de problemas taxonômicos. Também é necessário considerar que não é claro, até o momento, em que grau o sistema de reprodução pode variar dentro de uma mesma espécie (Goldenberg & Shepherd 1998). Como não foram realizados experimentos em outras populações de *Eriocnema fulva*, as considerações feitas aqui não podem ser generalizadas para outras populações da mesma espécie.

Um ataque de uma espécie de fungo *Pennicilium* matou 16 indivíduos adultos de *Eriocnema fulva* durante o mês de agosto de 1998. Os indivíduos contaminados morreram em seqüência e eram contíguos. Esse evento mostrou que as plantas próximas não apresentaram resistência ao fungo, podendo ser uma indicação de uniformidade genética na população. Muitas sementes de *Eriocnema fulva* aderem ao substrato imediatamente embaixo da cápsula e germinam no local, sendo possível observar muitas plântulas ao redor da planta-mãe, sugerindo restrição para dispersão de sementes. Para compreender a mortalidade causada pelo ataque de fungos, seria interessante investigar se existe proximidade genética entre os indivíduos devido às características da dispersão de sementes da espécie (Loveless & Hamrick 1984). Além disso, existem indicações de que plantas endêmicas têm menos da metade da diversidade genética que espécies com distribuição geográfica mais ampla (Hamrick & Godt 1990). Para confirmar e discutir essas possibilidades, é necessário o estudo da estrutura genética de várias populações de *Eriocnema fulva*.

A permanência de cápsulas com sementes durante um longo tempo confirma o padrão observado na família. As cápsulas das Melastomataceae geralmente são robustas, permanecem nas plantas por muitos meses, durante os quais as sementes são gradualmente liberadas (Renner 1989). Em plantas de *Eriocnema fulva*, cápsulas com sementes foram observadas 15 meses após o

amadurecimento do fruto. Por que a planta possui a estratégia de disponibilidade de sementes durante um longo período? Esta é também uma questão a ser investigada. As sementes são muito pequenas e provavelmente são dispersas a maiores distâncias pelas correntes de vento que acompanham os vales onde ocorrem os riachos. Entre as Melastomataceae neotropicais, 40% têm frutos do tipo cápsula e sementes dispersas pelo vento (Renner 1989). Apesar de o ambiente de ocorrência das populações observadas ser tão sombrio quanto o do sub-bosque da mata, as sementes são fotoblásticas positivas, indicando necessidade de luz para a germinação e estabelecimento das plantas. Tanto a luz quanto a temperatura são fatores muito importantes na germinação de sementes de Melastomataceae em geral (Andrade 1995). Um estudo mostrou pequena taxa de estabelecimento de plântulas de Melastomataceae e de outras espécies de sementes pequenas no ambiente do sub-bosque da floresta (Ellison *et al.* 1993). *Eriocnema fulva*, assim como a maioria das espécies com cápsula da família Melastomataceae, apresentou um número elevado de sementes, cerca de 130 por cápsula. É possível que a abundância de sementes funcione como uma compensação, ajudando na sobrevivência da espécie, ao aumentar a chance de mais sementes encontrarem ambientes propícios com condições de luz, substrato e umidade necessários para o seu estabelecimento.

Bibliografia

- ALMEDA, F. 1997. Chromosome numbers and their evolutionary significance in some neotropical and paleotropical Melastomataceae. *Biollania*, Edición Esp. 6: 167-190.
- ALVES, W. A. 1988. *Carta do meio ambiente e sua dinâmica da microbacia do córrego do Cardoso, Nova Lima, MG*. Monografia. Belo Horizonte, Instituto de Geociências, UFMG.

- ANDRADE, P. M. 1993. *Estrutura do estrato herbáceo de trechos da Reserva Biológica Mata do Jambreiro, Nova Lima, MG*. Tese de Mestrado, Campinas, Instituto de Biologia, UNICAMP.
- ANDRADE, A. C. S. 1995. Efeito da luz e temperatura na germinação de *Leandra breviflora* Cogn., *Tibouchina benthamiana* Cogn. *Tibouchina grandifolia* Cogn. e *Tibouchina moricandiana* (DC.) Baill. (Melastomataceae). *Revista Brasileira de Sementes*. 17(1): 29-35.
- BADINI, J. 1940. Contribuição à geobotânica das Melastomataceas ouropretanas. *Revista Farmaceutica de Ouro Preto*. Ano I N.ºs 4 e 5 P8.
- BAUMGRATZ, J. F. A. 1983-1985. Morfologia dos frutos e sementes de Melastomataceas brasileiras. *Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro* (27): 113- 155.
- BAWA, K. S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. *Evolution* 28:85-92.
- BAWA, K. S. 1995. Pollination, seed dispersal and diversification of angiosperms. *Tree* vol.10 (8): 311-312.
- BAWA, K. S. PERRY, D. R. & BEACH, J. H. 1985. Reproductive biology tropical rain forest trees. I. Sexual systems and incompatibility mechanisms. *American Journal of Botany* 72: 331-345.
- BORGES, H. B. N. 1990. *Biologia reprodutiva de quatro espécies de Melastomataceae*. Tese de Mestrado. Campinas. Instituto de Biologia. UNICAMP.
- BUCHMANN, S. L. 1983. Buzz pollination in angiosperms. In: C.E. Jones & R.J. Little (eds.) *Handbook of experimental pollination biology*. Van Nostrand Reinhold. New York, P 294-309.
- BULLOCK, S. H. 1985. Breeding systems in the flora of a tropical deciduous forest. *Biotropica* 17: 287-301.
- CAMPBELL, D. R. 1985. Pollen and gene dispersal: the influences of competition for pollination. *Evolution* 39(2): 418-431.
- CETEC. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais 1983. Mapa 3/ Solos. *Diagnóstico ambiental do estado Minas Gerais*. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais , Comissão de Política Ambiental. Belo Horizonte. MG.

- COGNIAUX, A. 1883. Melastomataceae Tribus I Microlicieae Triana. In: Martius, C.F.P. von; Endlicher, S.; Eichler, A.G. & Urban, J. 1860/1906. *Flora brasiliensis*. Monachii, Lipsiae apud Frid. Fleischer in comm. Vol. 14, t.3.
- COPAM 1997. Deliberação Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM), número 85, de 21 de Outubro de 1997. *Diário do Executivo, Legislativo e Publicações de Terceiros. Minas Gerais*, 30.10.1997 Caderno 1: 10-12.
- ELLISON, A. M.; DENSLOW, J. S.; LOISELLE, B. A. & BRENÉS M., D. 1993. Seed and seedling ecology of neotropical Melastomataceae. *Ecology* 74(6) 1733-1749.
- FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. 1971. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, New York.
- FRITSCH, P. W.; ALMEDA, F.; RENNER, S.; MARTINS, A. B.; CRUZ, B.C. Phylogeny and circumscription of the near- endemic brazilian tribe Microlicieae (melastomataceae). *American Journal of Botany* (no prelo).
- FRYXELL, P. A. 1957. Mode of reproduction of higher plants. *The Botanical Review* 23(3) 135- 233.
- GENTRY A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. *Biotropica* 6:64-68
- GOLDENBERG, R. 1994. *Estudos sobre biologia reprodutiva de espécies de Melastomataceae de cerrado em Itirapina, SP*. Tese de Mestrado. Campinas. Instituto de Biologia. UNICAMP.
- GOLDENBERG, R. & SHEPHERD, G. J. 1998. Studies on the reproductive biology of Melastomataceae in “cerrado” vegetation. *Plant Systematics and Evolution*. 211: 13-29.
- GOLDENBERG, R. & VARASSIN, I. G. 2001. Sistemas reprodutivos de espécies de Melastomataceae da Serra do Japi, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica* 24(3): 283-288.
- GROSS, C. L. 1993. The breeding system and pollinators of *Melastoma affine* (Melastomataceae); a pioneer shrub in tropical Australia. *Biotropica* 25(4) 468-474.
- HAMRICK, J. L. & GODT, M. J. 1990. Allozyme diversity in plant species. In BROWN, A D.D., CLEGG, M.T., KAHLER, A L. & WEIR, B.S. (eds.) *Plant Population Genetics, Breeding, and Genetic Resources*, pp. 43-63. Sinauer, Sunderland, MA.

- KUNIN, W. E. 1997. Population size and density effects in pollination: pollinator foraging and plant reproductive success in experimental arrays of *Brassica kaber*. *Journal of Ecology* 85: 225-234.
- LANDE, R. 1988. Genetics and demography in biological conservation. *Science* 241: 1455-1460.
- LEVIN, D. A & KERSTER, H. W. 1974. Gene flow in seed plants. *Evolutionary Biology* 7: 139-220.
- LOVELESS, M. D. & HAMRICK, J. L. 1984. Ecological determinants of genetic structure in plant populations. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 15:65-95.
- MEDINA, D. M. & CONAGIN, C. H. T. M. 1964. Técnica citológica. Publicação nº 1610, Instituto Agronômico, Campinas.
- MELO, G. F. & MACHADO, I. C. 1997. Auto-incompatibilidade em *Miconia ciliata* (L.C. Rich.) DC. (Melastomataceae). *Acta Botânica. Brasília*. 12: 113-120.
- MENGES, E. S. 1991. The application of minimum viable population theory to plants. Pages 45-61 In D. A. Falk and K. E. Holsinger (eds.) *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press, New York, NY.
- PLAMBEL. 1977. Carta de Belo Horizonte. Escala 1:25.000. RMBH 20/32 Folha SE 23-ZC-VI-3-SO Superintendência da Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Planejamento Região Urbana de Belo Horizonte* Convênio PLAMBEL/SECT COPASA/ CETEL/ CEMIG.
- PROCTOR, M.; YEO, P. & LACK, A. 1996. *The natural history of pollination*. Harper Collins Publishers, New York.
- RAUNKIAER, C. 1934. *The life forms of plants and statistical plant geography, being the collected papers of C. Raunkiaer*. Clarendon Press, Oxford.
- RENNER, S. S. 1983. The widespread occurrence of anther destruction by *Trigona* bees in Melastomataceae. *Biotropica* 15:257-267.
- RENNER, S. S. 1984. Pollination and breeding systems in some central amazonian Melastomataceae. *Les Colloques d'INRA* 21: 275-280.
- RENNER, S. S. 1986/1987. Reproductive biology of bellucia (Melastomataceae). *Acta Amazonica* 16/17 (número único): 197-208.

- RENNER, S. S. 1989. A survey of reproductive biology in neotropical Melastomataceae and Memecylaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 76: 496-518.
- RENNER, S. S. 1990. Reproduction and evolution in some genera of neotropical Melastomataceae. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 55: 143-152.
- RUIZ, Z. T. & ARROYO, M. T. K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary tropical deciduous forest in Venezuela. *Biotropica* 10: 221-230.
- SIMPSON, G. G. 1953. *The major features of evolution*. Columbia University Press, New York.
- SLATKIN, M. 1987. Gene flow and the geographic structure of natural populations. *Science* 236: 787-792.
- SOBREVILA, C. & ARROYO, M. T. K. 1982. Breeding systems in a montane tropical cloud forest in Venezuela. *Plant Systematics and Evolution*. 140: 19-37.
- STEIN, B. A. & TOBE, H. 1989. Floral nectaries in Melastomataceae and their systematic and evolutionary implications. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 76(2):519-531.
- VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R. & LIMA, J. C. A. 1991. *Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro, IBGE. 123p.
- VOGEL, St., 1978. Evolutionary shifts from reward to deception in pollen flowers. In: A. J. Richards (ed.) *The pollination of flowers by insects*. Academic Press, London, p. 89-96.
- WELLS, H. 1979. Self-fertilization: advantageous or deleterious? *Evolution* 33(1) 252-255.
- ZAR, H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd edn. London: Prentice-Hall International Editions.

CAPÍTULO 2 - ESTRUTURA DE TAMANHO E FERTILIDADE EM UMA POPULAÇÃO DE *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae).

RESUMO

Eriocnema fulva é endêmica no estado de Minas Gerais e é ameaçada de extinção. A Mata do Jambreiro (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100 m de altitude) situa-se no município de Nova Lima, no centro-sudeste de Minas Gerais, Brasil. As populações formam agrupamentos em paredões rochosos, na beira de riachos sombreados. Com o objetivo de descrever a estrutura de tamanho da população e suas relações com a fertilidade dos indivíduos, foram instaladas 15 parcelas contíguas de 1m x 1m. Um total de 260 indivíduos com o comprimento do limbo da maior folha maior ou igual a 1 cm foram marcados, contados e medidos em 1997, 1998 e 1999. Os indivíduos jovens com o comprimento do limbo $\leq 3,4$ cm somaram 33% do total amostrado, mostrando que a população estava reproduzindo-se no local. O número de folhas variou significativamente entre os anos, aumentando de forma lenta, com diferenças de crescimento só detectadas após dois anos de medições. O comprimento do caule foi a variável que melhor mostrou a hierarquia de tamanho da população como um todo. O comprimento da lâmina da maior folha foi a melhor expressão do tamanho da planta na indicação de sua fase de desenvolvimento e o número de folhas auxiliou na avaliação da alteração do tamanho ao longo do tempo. A probabilidade de indivíduos com as folhas ≥ 10 cm não se reproduzirem foi de 2,69% e as diferenças nas medidas de tamanho entre as plantas vegetativas e reprodutivas foram significativas. A maior probabilidade de sobrevivência dos indivíduos de maior tamanho confirmou a forte correlação entre tamanho e sobrevivência. Mesmo não havendo aumento contínuo da produção de frutos, os dados mostram que o tamanho tende a ser importante para a fertilidade de *Eriocnema fulva* e pode ser relevante para análises de probabilidades de sobrevivência da espécie. A competição intra-específica, indicada pela correlação negativa entre a produção de frutos por unidade de tamanho e a densidade, poderia influir na fertilidade, pois plantas maiores apresentaram maior produção de frutos. A diferença na produção de frutos entre os anos não foi significativa, possivelmente devido a uma pequena variação das condições ambientais no local, e da lentidão do crescimento.

CHAPTER 2 – SIZE STRUCTURE AND FERTILITY IN A *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae) POPULATION

ABSTRACT

Eriocnema fulva Naudin is endemic of Minas Gerais State and is considered an endangered species. Jambreiro Forest (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100m altitude) is located in the municipality of Nova Lima, center-southeast Minas Gerais, Brazil. The populations occur as groups on riverbanks shaded by the forest. Aiming at describing the population size structure and its relationships with individual fertility, fifteen 1 X 1 m contiguous plots were installed. A total of 260 individuals with lamina length of the largest leaf ≥ 1 cm were marked, counted and measured in 1997, 1998 and 1999. Young individuals with lamina length ≤ 3.4 cm were 33% of the total sampled, indicating that the population was reproducing locally. The number of leaves varied significantly among the years, increasing slowly, with growth differences being detected only after two years of measurements. Stem length was the variable that best showed population size hierarchy. The length of the largest leaf was the best expression of plant size and indication of its development phase. The number of leaves helped evaluating the size alteration along time. The probability that individuals with leaves ≥ 10 cm did not reproduce was 2.69% and the differences between vegetative and reproducing plants were significant. The highest survival probability of the large-sized individuals confirmed the strong correlation between size and survival. Although there was not a continuous increase of fruit production with size, the data showed that size tends to be important for fertility of *Eriocnema fulva* and it may be one of the relevant aspects to be considered for analyses of survival probability. The intraspecific competition, which was indicated by negative correlation between fruit production per size unity and density could affect fertility, since larger plants showed higher fruit production. The difference in fruit production along the years was not significant, possibly due to a small variation in the environmental conditions and slow growth.

INTRODUÇÃO

As populações de plantas geralmente não são homogêneas e apresentam estruturas genética, espacial, de idade e de tamanho. Todos estes aspectos estão inter-relacionados e a mudança em um deles gera modificações nos demais (Silvertown & Lovett-Doust 1993). O crescimento de indivíduos faz parte de uma cadeia de processos que modificam a estrutura da população, implicando em que o tamanho seja um aspecto importante para a compreensão da biologia das populações (Hutchings 1997). O tamanho pode ser o principal fator no destino individual de uma planta e em sua fecundidade (Sarukhán *et al.* 1984, Fowler 1986, Begon *et al.* 1996,). Durante a década de 1980 os termos fecundidade, fertilidade, produção de sementes e produção de frutos foram usados de forma indistinta e Herrera (1991) alertou para a necessidade de incluir os aspectos demográficos para avaliar o sucesso reprodutivo total. Caswell (1989) fez distinção entre os termos fecundidade e fertilidade, usando o primeiro como representação do potencial máximo reprodutivo e o segundo como a performance reprodutiva atual. Neste estudo usaremos o conceito de Caswell (1989) e avaliaremos a fertilidade como a performance reprodutiva atual expressa como número de frutos por indivíduo.

Na maioria das populações de plantas, o tamanho dos indivíduos varia muito e, em decorrência, as populações apresentam hierarquia, na qual um número relativamente pequeno de indivíduos grandes contribui com a maior parte da biomassa da população (Weiner & Solbrig 1984). Vários autores têm considerado o tamanho como o melhor descritor da aptidão da planta e do grau de desenvolvimento da população (Harper & White 1974, Gatsuk *et al.* 1980, Silvertown & Lovett-Doust 1993). Alguns fatores podem influenciar o tamanho de um indivíduo e a posição que ocupa na distribuição de tamanho de uma população: 1) o capital inicial, como a importância do embrião e das reservas das sementes; 2) a taxa de crescimento relativa potencial, determinada pelo genótipo do embrião em questão; 3) a duração do período de crescimento; e 4) as restrições impostas pela presença, características e arranjo das plantas vizinhas

(Harper 1977). Além destas, devem se considerar também as condições ambientais como um dos determinantes das variações do tamanho das plantas.

Distribuições de tamanho assimétricas possuem implicações genéticas e evolutivas importantes (Solbrig & Solbrig 1984). O tamanho das plantas está relacionado à fecundidade, pois as plantas só florescem e frutificam após alcançar um certo tamanho (Harper & White 1974). Em geral, plantas com um período curto de tempo até a primeira reprodução têm vida curta, enquanto as com um longo período de tempo até a primeira reprodução têm vida longa (Harper & White 1974). Isso indica a existência de uma relação de compromisso na alocação de recursos entre o crescimento vegetativo e a reprodução (Solbrig 1981). Embora existam exceções (Hay & Barreto 1988) ou mudanças na proporção de biomassa que uma planta de certo tamanho aloca para a reprodução (Solbrig & Simpson 1974), geralmente plantas maiores têm maior fecundidade e maior probabilidade de sobrevivência (Solbrig 1981, Herrera 1991, Fowler 1986, Hanzawa & Kaliz 1993, Silvertown & Lovett Doust 1993, Begon *et al.* 1996). Weiner (1988) mostrou que, em plantas herbáceas anuais, a massa total de sementes produzidas é diretamente proporcional ao tamanho da planta. Muitos outros autores também mostraram que a produção de sementes está positivamente correlacionada com a biomassa da planta (McGraw & Wulff 1983, Lechowicz & Blais 1988, Waller 1988, Weiner 1988, Geber 1990, Aarssen & Clauss 1992, Aarssen & Taylor 1992, Clauss & Aarssen 1994, Havens *et al.* 1995, Patterson 1995, Weiner 1995). Conseqüentemente, plantas maiores tendem a produzir mais descendentes. Dessa forma, a maior contribuição genética para a população decorre de um número desproporcionalmente pequeno de indivíduos e a variação genética das taxas de crescimento pode ser baixa, uma vez que a seleção deve favorecer os genes ou combinações de genes que propiciem maior taxa de crescimento. Porém, a manifestação fenotípica desses genes pode ser influenciada pelas condições ambientais e sujeita a uma grande plasticidade (Solbrig & Solbrig 1984).

O tamanho pode ser definido como qualquer variável que represente a massa, como o volume, a altura, o peso seco, o diâmetro da planta, ou qualquer medida que tenha relação com o desempenho do indivíduo (Solbrig & Solbrig

1984). Diferenças na forma e sucesso adaptativo do indivíduo, como um todo, podem resultar de diferentes variáveis macromorfológicas, como, por exemplo, a posição e o ângulo das folhas em relação à direção da incidência da luz (Porter 1989). Então, para estudar a estrutura da população, é necessário definir as categorias em que seus indivíduos podem ser classificados. Essas categorias devem basear-se em características individuais bem evidentes e de fácil mensuração, como, por exemplo, o tamanho ou a presença de flores e sementes.

Devido à atual fragmentação dos ambientes naturais, o conhecimento da distribuição de tamanhos nas populações é de importância prática, ajudando no reconhecimento das respostas da espécie a mudanças no ambiente em fragmentos de vegetação natural (Saunders *et al.* 1991, Bruna & Kress 2002). Estudos de longo prazo abordando os processos dinâmicos da população são ideais para o entendimento e a explicação dos padrões observados. No entanto, estudos pontuais sobre a estrutura de tamanho da população são realizáveis em um período de tempo menor e também fornecem dados para identificar padrões gerais da população (Henriques & Souza 1989).

Eriocnema fulva encontra-se na lista das espécies ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais (Conselho Estadual de Política Ambiental 1997). Atualmente, as demandas relativas à conservação de plantas ameaçadas são muitas, e os estudos dos estádios ou da estrutura de tamanho da população podem ser a base para decisões imediatas relativas ao manejo da espécie, quando estudos demográficos de longo prazo não são realizáveis ou não estão disponíveis (Bruna & Kress 2002). Considerando a importância das relações entre tamanho, fertilidade e sobrevivência, pretendemos descrever a estrutura de tamanho de uma população de *Eriocnema fulva* e apresentar as características de fertilidade que estão relacionadas à variação de tamanho dos indivíduos, respondendo as seguintes questões: 1) Quais são as medidas de tamanho que melhor descrevem o desenvolvimento da planta? 2) Como é a hierarquia de tamanho da população? 3) O tamanho e a fertilidade estão relacionados? 4) As relações entre tamanho e fertilidade variam na população através do tempo? 5) A

fertilidade da população varia entre os anos? 6) Existe relação entre a fertilidade, a densidade e o tamanho dos indivíduos?

MATERIAL E MÉTODOS

Informações sobre a espécie:

E. fulva é uma espécie herbácea com caule prostrado. A distribuição geográfica é restrita ao estado de Minas Gerais. Até o momento, foi registrada nos municípios de Ouro Preto e Sabará (Cogniaux 1883, Badini 1940) e Nova Lima (Andrade 1993). Faz parte da lista das espécies ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais (Conselho Estadual de Política Ambiental, 1997). Ocorre em grupos de plantas em paredões rochosos à margem de riachos sombreados por floresta estacional semidecídua. *E. fulva* não ocorre associada a outras espécies de angiospermas, mas apenas a briófitas e pteridófitas nos paredões rochosos (observação pessoal). Os estudos recentes do sistema de reprodução mostraram que a espécie é autocompatível, não produz frutos via autogamia nem agamospermia, mas requer obrigatoriamente vetores de pólen, pois a síndrome de polinização é vibrátil (Andrade *et al.* 2003). Reprodução vegetativa não foi observada. Embora esteja na lista das espécies ameaçadas de extinção, não existem informações sobre a sua biologia, área de ocorrência, abundância ou estrutura das populações. Essas informações são básicas para conhecer a situação da espécie e subsidiar caminhos para ações relativas a manejo e conservação.

Coleta de dados:

A área de estudo foi descrita no capítulo 1. Na Reserva Biológica Mata do Jambreiro, populações de *Eriocnema fulva* ocorrem em agrupamentos sobre paredões rochosos (filito), na beira de riachos sombreados. Num desses agrupamentos foram instaladas 15 parcelas contíguas de 1m x 1m. As parcelas foram delimitadas com linhas de algodão, amarradas em pregos pequenos fixados no paredão. Todos os indivíduos cuja maior folha tivesse comprimento do limbo

maior ou igual a 1 cm foram marcados com uma plaqueta de alumínio numerada. Em cada indivíduo o número de folhas foi contado e da maior folha foram medidos o comprimento do pecíolo e a largura e o comprimento da lâmina foliar. O comprimento do caule foi medido na maioria das plantas, exceto nas plantas pequenas, em que o caule era tão reduzido que não foi possível medi-lo. Neste caso, informamos que a planta tinha caule não mensurável e representamos o comprimento do caule não mensurável como categoria "0". Também registramos o número de frutos presentes em cada planta. O número de sementes presentes em seis cápsulas de seis indivíduos foi contado, para uma estimativa do número médio de sementes por fruto e por planta. Contamos e medimos os indivíduos marcados nas parcelas pela primeira vez em 1997 e novamente em 1998 e 1999 com intervalos de 414 e 363 dias, respectivamente. Usamos as medidas feitas em 1997 para classificar os indivíduos em classes de tamanho e para investigar as relações entre tamanho e fertilidade. Para verificar as variações temporais no número de indivíduos e nas relações entre tamanho e fertilidade ao longo do tempo, utilizamos as medições feitas em 1997, 1998 e 1999. As medidas foram obtidas com o auxílio de régua graduada e fita métrica.

Análise dos dados:

A análise da estrutura de tamanho da população foi realizada com base nos dados coletados em 1997, considerando o comprimento do limbo foliar igual ou maior que 1 cm. Os intervalos das classes de tamanho foram definidos a partir de diagramas de dispersão. Para verificar o grau da hierarquia de tamanho da estrutura da população foi usado o coeficiente de Gini e o traçado da curva de Lorenz (Weiner & Solbrig 1984), considerando o comprimento do caule, número de folhas, comprimento da lâmina foliar e número de frutos. O coeficiente de Gini foi usado para verificar como a população estava hierarquizada, considerando diferentes medidas de tamanho, de modo a produzir uma descrição mais completa da hierarquia de tamanho na população. O coeficiente de Gini foi calculado utilizando o Programa para cálculo de Gini de autoria do prof. Dr. Flavio A M. Santos, do Departamento de Botânica da Universidade Estadual de Campinas.

Para mostrar as relações entre tamanho e fertilidade, agrupamos as plantas medidas em 1997 em duas categorias: vegetativas e reprodutivas. As plantas reprodutivas foram reconhecidas pela presença de estruturas reprodutivas, como flores e frutos, em 1997. Plantas sem essas estruturas foram consideradas como vegetativas. Para verificar se as distribuições de tamanho de plantas reprodutivas diferiam das de plantas vegetativas, foi usado o teste U de Mann-Whitney, incluindo Z (valor do desvio da distribuição normal) porque a amostra possuía número de indivíduos maior que 20 (Zar 1984). Para avaliar a fertilidade, consideramos o número médio de sementes por cápsula ($130,84 \pm 66,82$). Pressupondo que esta média tende a manter-se, a fertilidade foi estimada a partir do número de frutos por planta, registrados em 1997, em diferentes classes de comprimento da lâmina foliar e do caule. A probabilidade de reprodução para algumas classes de tamanho do comprimento da maior lâmina foliar foi calculada com os dados coletados em 1997, utilizando o número de indivíduos que frutificaram.

A relação entre tamanho e sobrevivência nas plantas vegetativas foi analisada por meio da proporção de plantas que sobreviveram entre a observação inicial (1997) e a final (1999). As classes de tamanho foram definidas a partir das medidas de comprimento do caule, comprimento da lâmina foliar e número de folhas. A diferença na produção de frutos entre os três anos foi verificada a partir do número de frutos por indivíduo, por meio do teste de Kruskal- Wallis por postos (Zar 1984). Utilizando os dados coletados em 1997, os indivíduos reprodutivos foram divididos em classes de número de folhas, comprimento da maior lâmina foliar e comprimento do caule. A análise de variância foi utilizada para testar se existia diferença entre o número de frutos produzidos entre essas classes de tamanho (Zar 1984).

As relações entre as medidas de fertilidade e tamanho e em 1997, 1998 e 1999 foram analisadas a partir de regressões lineares. Para verificar a variação das relações entre fertilidade e tamanho entre os três anos, foram realizadas regressões e as diferenças entre os coeficientes angulares (b) e interceptos (a) foram testadas com análise de covariância (ANCOVA) e teste *a posteriori* de

Scheffé (Sokal & Rohlf 1981). Os testes ANCOVA e Sheffé só foram realizados para as regressões significativas. A análise de covariância foi feita utilizando o programa ANCOVA de autoria do prof. Dr. Flavio A M. Santos, do Departamento de Botânica da Universidade Estadual de Campinas.

Para verificar as relações entre a fertilidade, o tamanho e a densidade, foram usados os dados coletados em 1997. Inicialmente foi determinada, para cada parcela, a relação entre o comprimento do limbo da maior folha e o número de frutos através de regressão linear (Zar 1984). A regressão ($y = a + bx$) gerou o coeficiente angular (b), que representou a relação entre o número de frutos e o comprimento do limbo no conjunto de indivíduos de cada parcela. Após encontrar o coeficiente angular (b) para cada parcela, foi feita a correlação simples de Pearson entre o coeficiente angular (b) e a densidade por parcela. Os mesmos cálculos foram feitos para verificar as relações entre número de frutos e comprimento do caule e a densidade das parcelas.

RESULTADOS

Estrutura da população

Foram amostrados 260 indivíduos em 15 m² ($17,3 \pm 12,2$ indivíduos/m², média \pm desvio padrão), dos quais 57% estavam em estado vegetativo. Predominaram as plantas na menor classe de comprimento da maior lâmina foliar ($\geq 1\text{cm}$ e $\leq 3,4\text{cm}$), com 33% do total dos indivíduos amostrados (figura 2.1 e 2.2). Também houve predominância dos indivíduos na menor classe de comprimento do caule (figura 2.3). O maior número de plantas foi registrado para a classe com 6 a 10 folhas (figura 2.4). O comprimento do limbo descreveu melhor o tamanho do indivíduo do que o número de folhas, pois uma planta pequena podia ter muitas folhas pequenas.

O comprimento e a largura da maior lâmina foliar, o comprimento do pecíolo, o número de folhas e o comprimento do caule foram os melhores descritores das relações morfométricas e do padrão de crescimento da planta. A relação significativa entre essas medidas (tabela 2.1) mostrou que podem ser usadas para analisar o tamanho e o crescimento de cada planta, assim como da

população como um todo. Essas medidas também foram os melhores descritores para o reconhecimento das classes de tamanho e da estrutura da população. Particularmente importantes foram o comprimento da lâmina foliar e o comprimento do caule. Estas duas últimas medidas também foram as que melhor descreveram a fertilidade.

As distribuições do comprimento do caule, comprimento da lâmina da maior folha, largura da lâmina da maior folha, comprimento do pecíolo da maior folha e do número de folhas diferiram entre as categorias vegetativa e reprodutiva (figuras 2.6 a 2.10). As plantas vegetativas se diferenciaram das reprodutivas não só pela ausência de estruturas reprodutivas, mas também pelo seu menor tamanho. Entretanto, embora houvesse esta diferença, as medidas se sobrepuseram (figuras 2.6 a 2.10), mostrando que, para a separação dos grupos, é necessário considerar os caracteres reprodutivos. As categorias vegetativa e reprodutiva se sobrepuseram nas plantas de tamanho intermediário e, à medida que o tamanho individual aumentou, cresceu o número de indivíduos reprodutivos (figuras 2.1 a 2.4).

Tabela 2.1: Parâmetros das regressões lineares entre as medidas de tamanho em uma população de *Eriocnema fulva*. n = número de indivíduos em 15 m²; a= coeficiente linear; b= coeficiente angular; r² = coeficiente de determinação, p= probabilidade de a relação obtida ser devida ao acaso, CLF= Comprimento da lâmina foliar, CP= Comprimento do pecíolo, CC= Comprimento do Caule, NF= Número de folhas, LLF= Largura da lâmina foliar. Dados coletados em 1997.

	CLF x LLF	CLF x CP	CLF x NF	CLF x CC	NF x CC
n	260	260	260	260	260
a	-0,0065	- 1,53	3,95	5,66	6,80
b	0,65	1,28	0,93	0,83	1,80
r ²	0,95	0,84	0,29	0,35	0,55
p	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001

A hierarquia de tamanho foi acentuada, principalmente para o comprimento do caule, com cerca de 80% dos indivíduos totalizando apenas cerca de 30% da percentagem acumulada do comprimento do caule (figura 2.11). O coeficiente de Gini mostrou que o comprimento do caule foi a medida que indicou o maior grau de hierarquia da população. Os coeficientes de Gini foram menores para

Obrigado(a), comprimento da lâmina da maior folha e para o número de folhas, mas indicaram também grande desigualdade na distribuição dessas variáveis entre os indivíduos (figura 2.11). Uma grande quantidade de indivíduos produziu menor número de frutos por planta, especialmente nas duas primeiras classes da distribuição do número de frutos por indivíduo (figura 2.5). Conforme esperado, o coeficiente de Gini mostrou hierarquia acentuada para a distribuição do número de frutos (figura 2.11).

O coeficiente de correlação (Pearson) da fertilidade e comprimento do caule com a densidade por parcela foi negativo e significativo (Figura 2.12, $r = -0,67$; $p < 0,05$; $N = 14$). O coeficiente de Pearson também foi negativo e significativo na correlação da fertilidade e comprimento da lâmina da maior folha com a densidade por parcela (Figura 2.13, $r = -0,55$; $p < 0,05$; $N = 15$). A correlação negativa indicou que o aumento do tamanho e da fertilidade esteve correlacionado com a diminuição da densidade. Esses resultados indicam que a competição intra-específica poderia influenciar na fertilidade, pois plantas maiores apresentaram maior fertilidade.

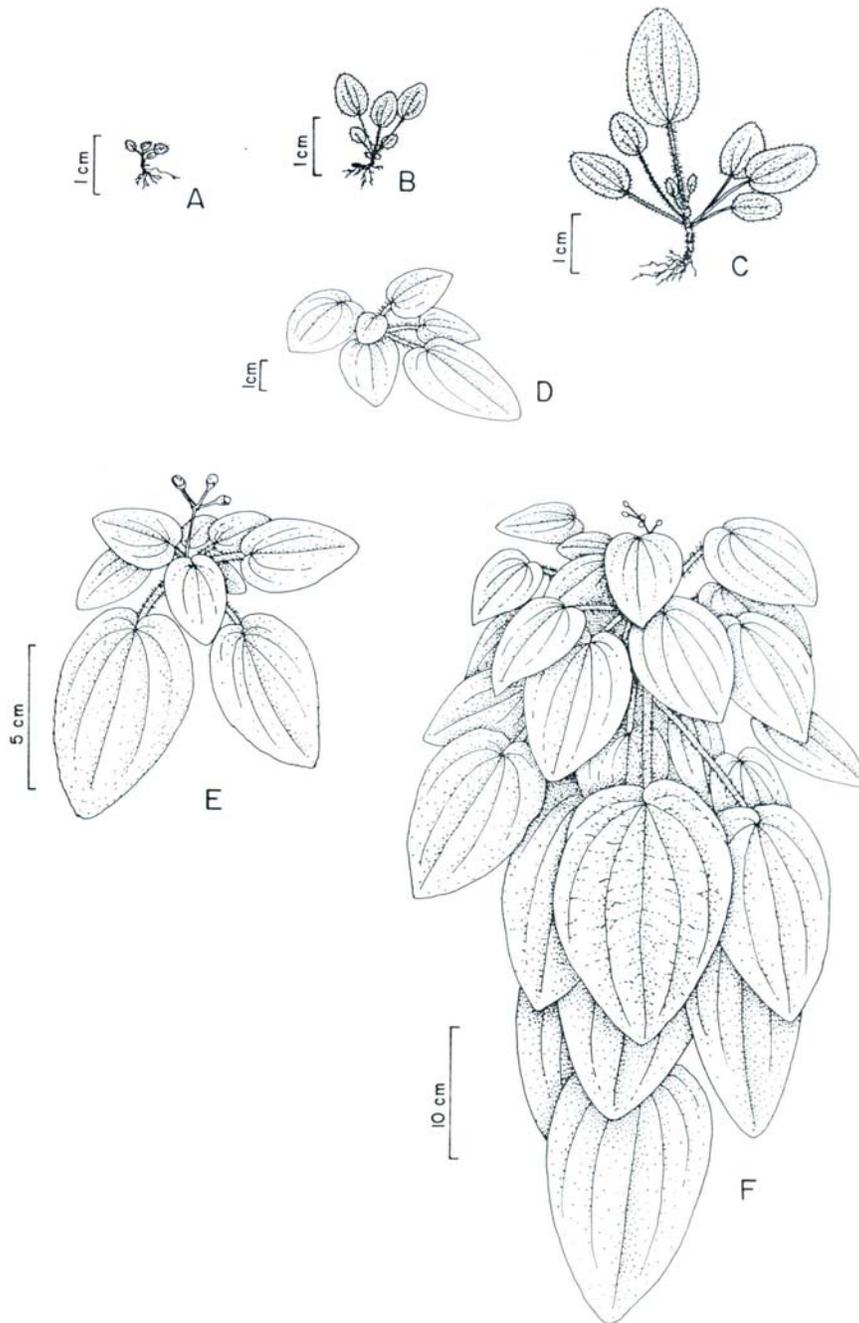


Figura 2.1: Classes de tamanho de *Eriocnema fulva*, baseadas no comprimento da lâmina foliar da maior folha presente na planta. A e B: Indivíduos com folhas menores que 1cm. C: Indivíduo vegetativo na menor classe de comprimento da folha (1,5cm). D: Indivíduo vegetativo, sem caule, com comprimento do limbo da maior folha de 4cm. E: Indivíduo reprodutivo com caule reduzido, o limbo da maior folha tem 7cm. F: Indivíduo reprodutivo com caule desenvolvido, o limbo da maior folha tem cerca de 13cm de comprimento.

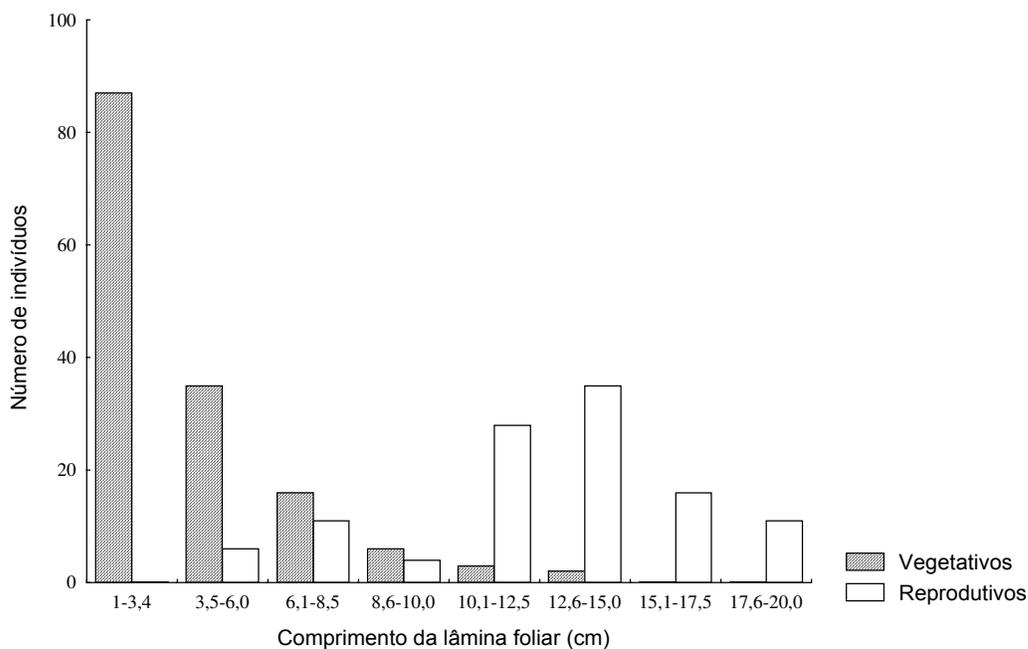


Figura 2.2: Distribuição do comprimento da lâmina da maior folha a partir de 1cm em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15 m²), em outubro de 1997.

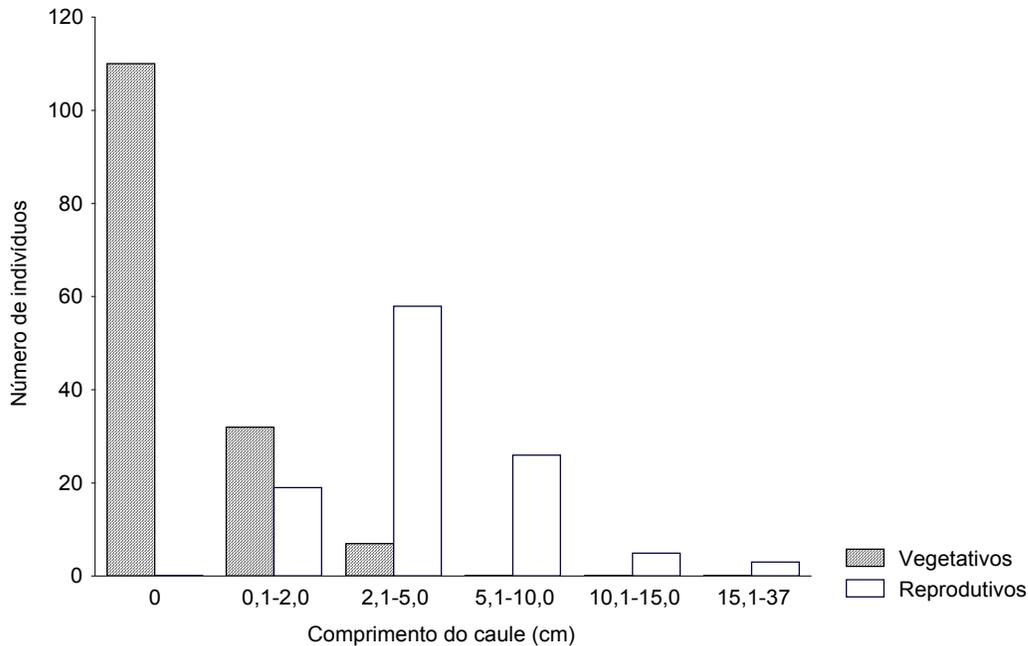


Figura 2.3: Distribuição do comprimento do caule de plantas com comprimento do limbo da maior folha a partir de 1cm em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15 m²), em outubro de 1997.

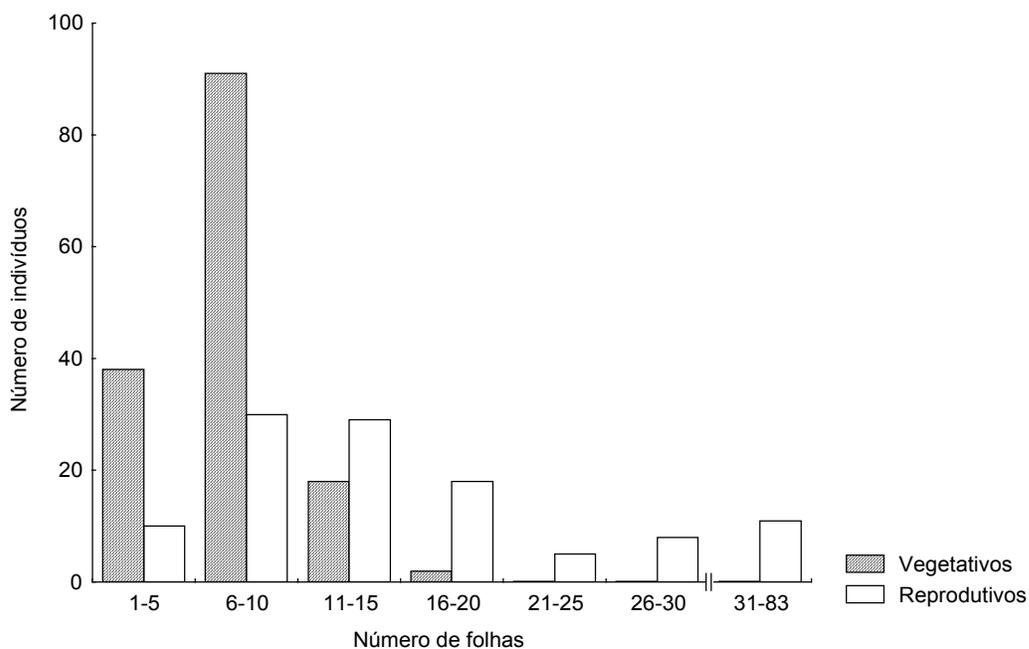


Figura 2.4: Distribuição do número de folhas (comprimento do limbo da maior folha a partir de 1cm de comprimento) em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15 m²), em outubro de 1997.

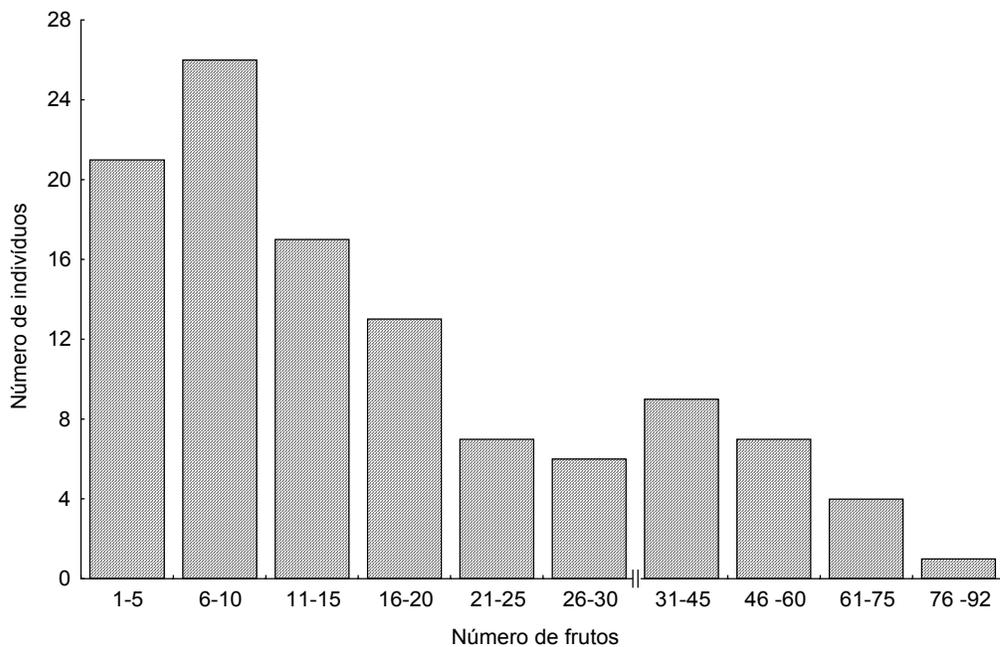


Figura 2.5: Distribuição do número de frutos nos indivíduos reprodutivos em uma população de *Eriocnema fulva* (111 indivíduos/15 m²), em outubro de 1997.

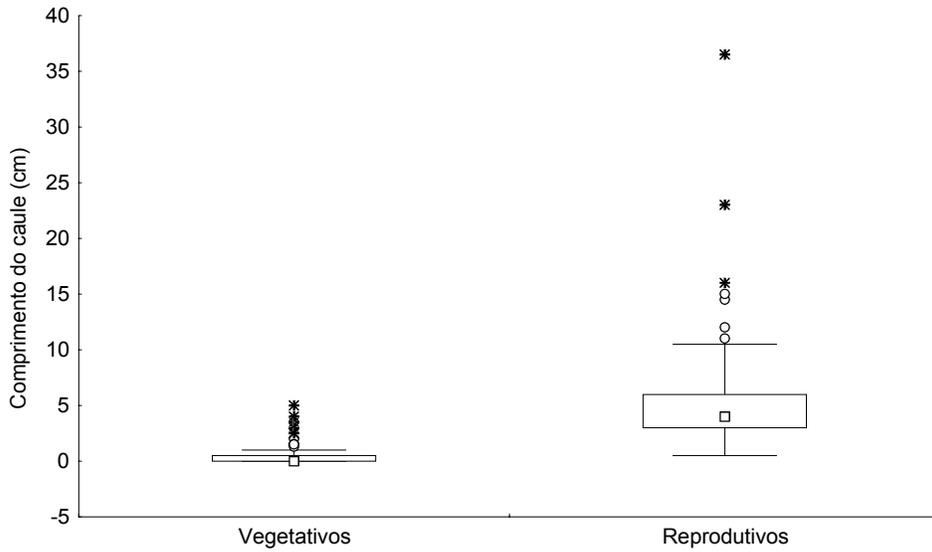


Figura 2.6: Distribuição do comprimento do caule nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de uma população de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U= 398,50; $p < 0,001$. Z=-13,12; $p < 0,001$.

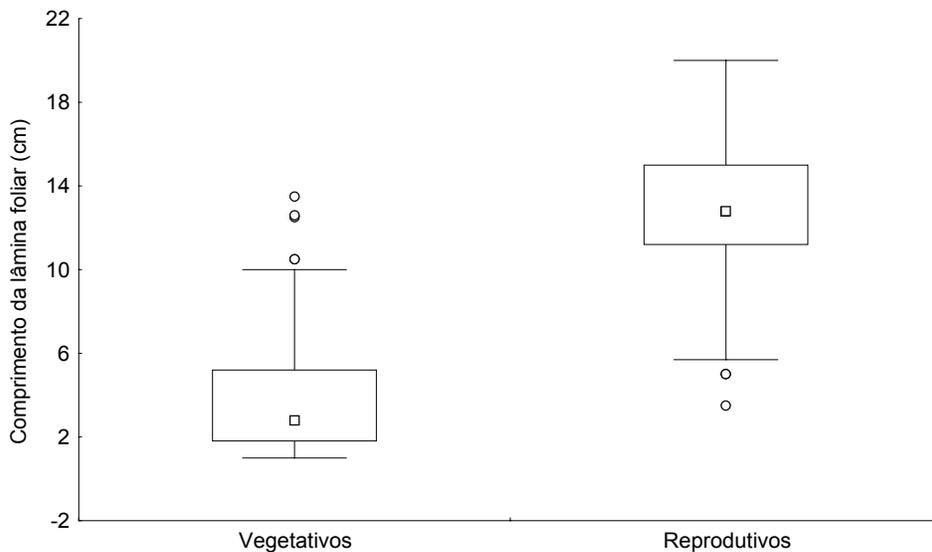


Figura 2.7: Distribuição do comprimento da lâmina da maior folha nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). U=598,50; $p < 0,001$; Z=-12,78; $p < 0,001$.

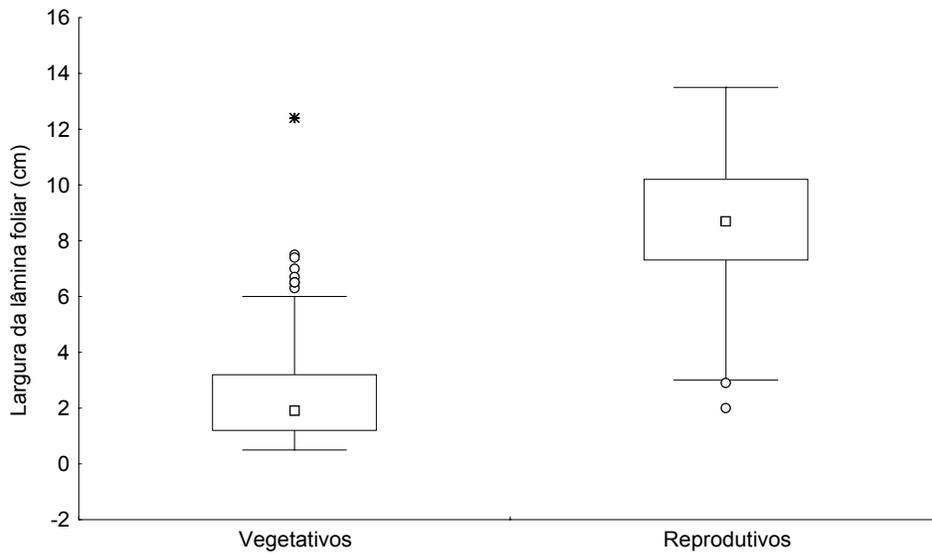


Figura 2.8: Distribuição da largura da lâmina da maior folha nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). $U=562,20$; $p<0,001$; $Z=-12,84$; $p<0,001$

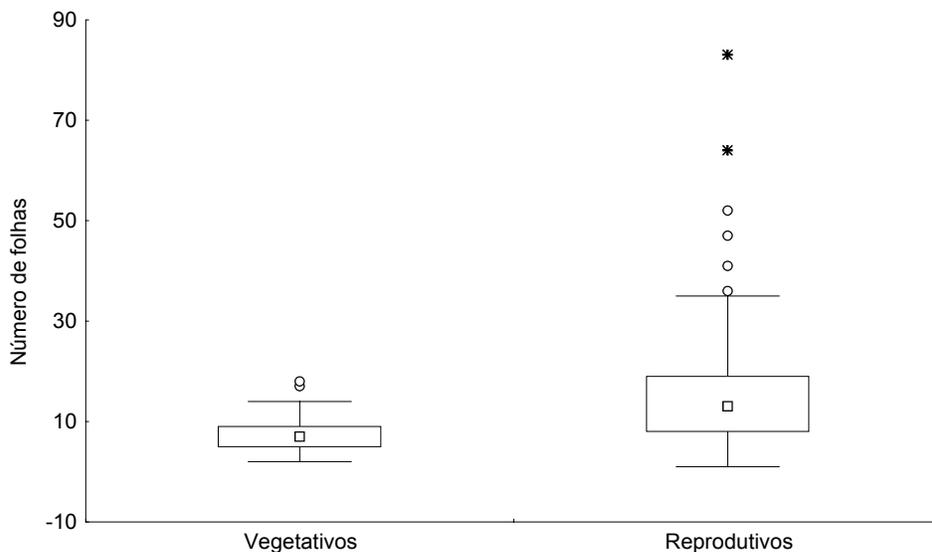


Figura 2.9: Distribuição do número de folhas nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). $U=3377,00$; $p<0,001$; $Z=-8,15$; $p<0,001$.

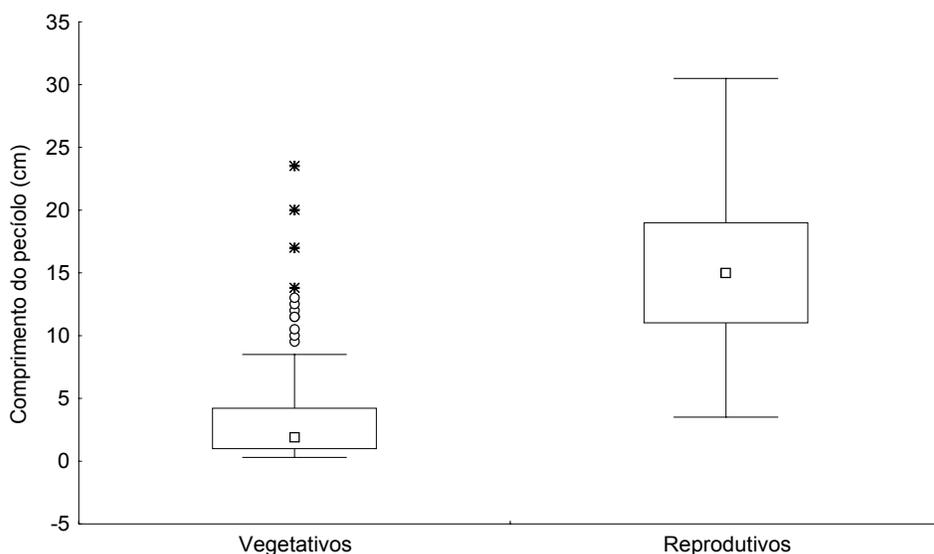


Figura 2.10: Distribuição do comprimento do pecíolo da maior folha nos indivíduos vegetativos (N = 149) e reprodutivos (N = 111) de *Eriocnema fulva*, em outubro de 1997. O retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos). $U=803,00$; $p<0,001$; $Z=-12,44$; $p<0,001$.

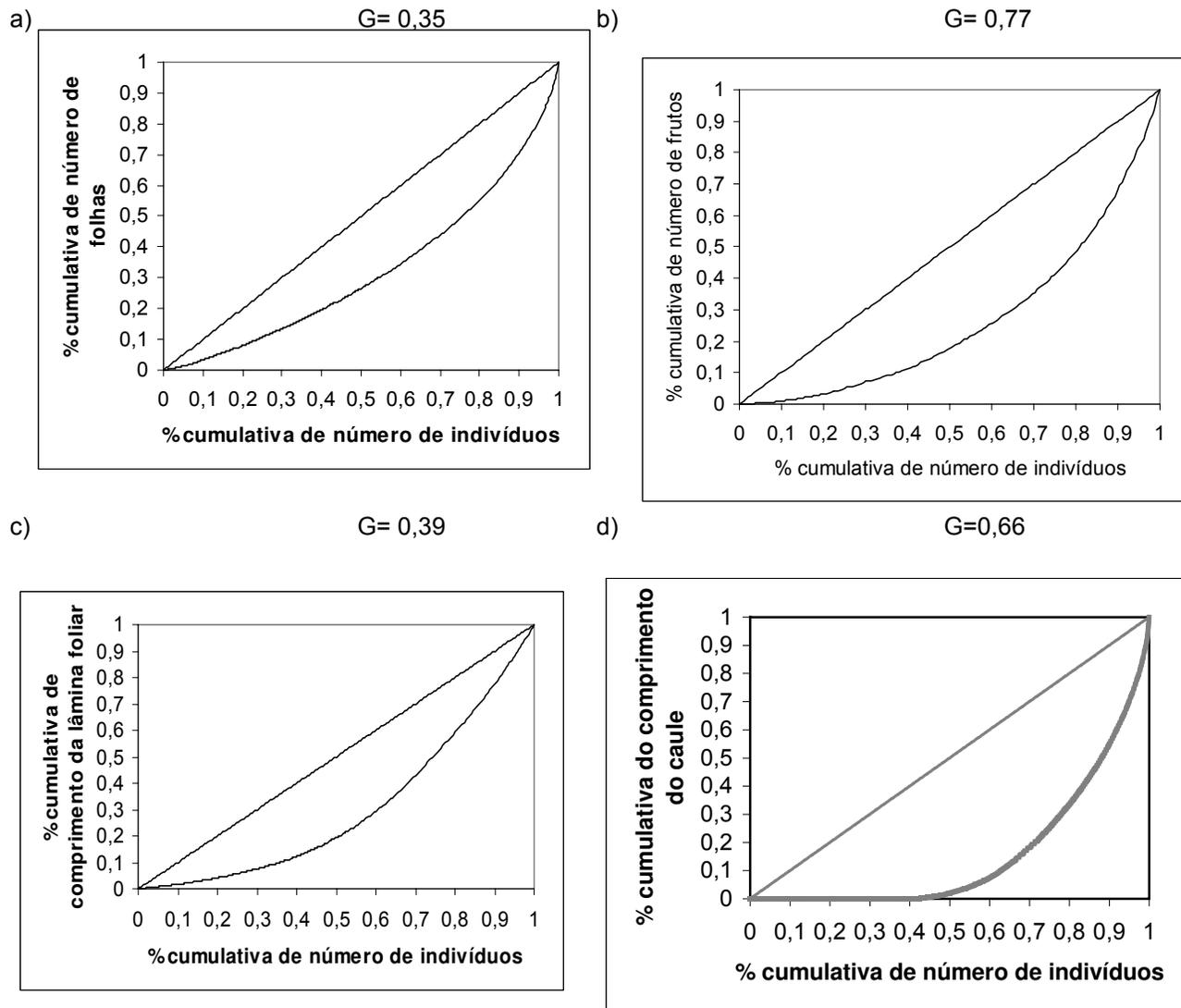


Figura 2.11: Curva de Lorenz e coeficiente de Gini (G) para uma população de *Eriocnema fulva* amostrada na Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro, Nova Lima, MG. a) Número de folhas (N = 260); b) Número de frutos (N = 111); c) Comprimento da lâmina foliar (N = 260); d) Comprimento do caule (N = 260)

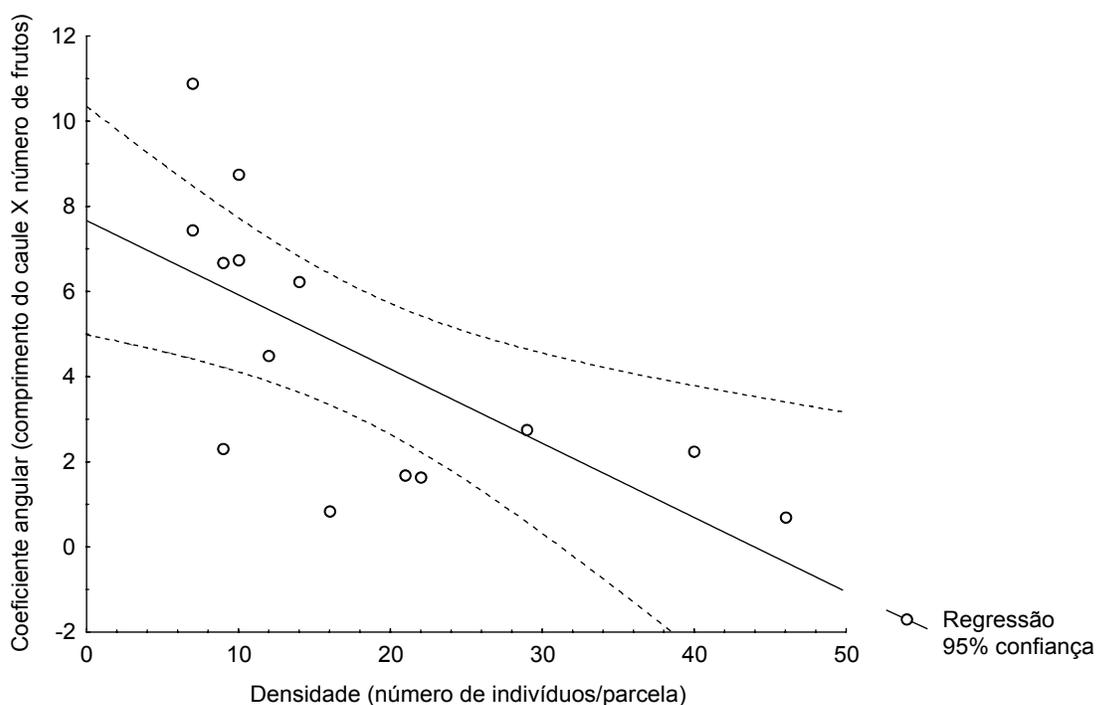


Figura 2.12: Produção de frutos por unidade de tamanho de comprimento do caule correlacionado negativamente com a densidade. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança. (Coeficiente de Pearson, $r = -0,67$; $p < 0,05$; $N = 14$).

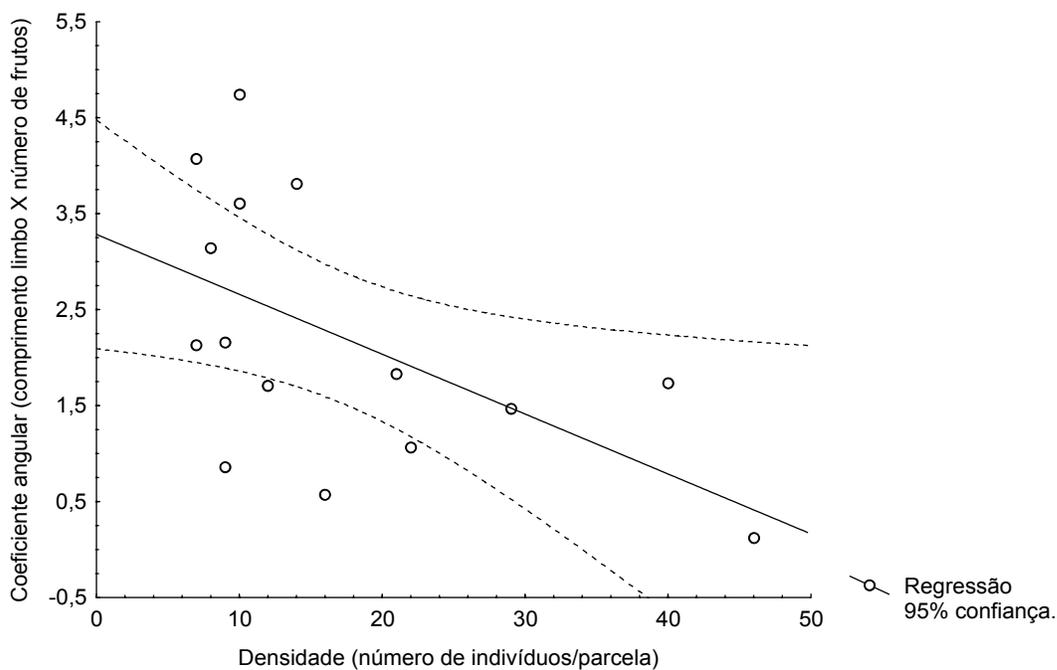


Figura 2.13: Produção de frutos por unidade de tamanho do comprimento da lâmina da maior folha correlacionado negativamente com a densidade. As linhas tracejadas indicam o intervalo de confiança. (Coeficiente de Pearson, $r = -0,55$; $p < 0,05$; $N = 15$)

Indivíduos vegetativos com comprimento do limbo da maior folha maior que 1 cm.

A metade das plantas vegetativas tinha entre 5 e 10 folhas, com um máximo de 15 folhas, sendo mais que 15 folhas valores extremos na distribuição (figura 2.9). Cerca de 50% dos indivíduos não possuíam caule ou o caule tinha, no máximo, 1 cm de comprimento (figura 2.6). As plantas vegetativas com comprimento do caule maior que 1 cm corresponderam a valores extremos ou muito extremos da distribuição (figura 2.6). A maior parte dos indivíduos vegetativos não possuía caule. O comprimento da lâmina foliar variou entre 1 e 5 cm (figura 2.7), embora cinco indivíduos tivessem comprimento do limbo maior que 10 cm, valores extremos da distribuição. Cerca de 30% dos indivíduos vegetativos ocorreram na primeira classe de comprimento da lâmina foliar e um número gradativamente menor, nas demais classes (figura 2.2).

As plantas vegetativas puderam ser caracterizadas por um caule muito curto e não mensurável, por apresentarem o comprimento do limbo da maior folha menor que 10 cm e por possuírem menos que 15 folhas. A partir de 10 cm de comprimento da lâmina da maior folha, as plantas já se encontravam na fase reprodutiva (figura 2.2). Como algumas das plantas vegetativas com comprimento do limbo da maior folha maior que 10 cm não apresentavam aspecto saudável, os valores extremos poderiam ser indicativos do início do processo de senescência com a conseqüente perda de vitalidade.

No período vegetativo, quanto maior o número de folhas e o comprimento da lâmina da maior folha e do caule, maior a proporção de plantas sobreviventes entre o início e o final do estudo (tabela 2.2).

Tabela 2.2: Proporção de plantas vegetativas que sobreviveram entre o início (1997) e o final (1999) do estudo, em 15m² na Mata do Jambreiro. Ni = número inicial de indivíduos marcados, Ns = número de sobreviventes na última observação.

	Ns/Ni	Proporção sobreviventes
Comprimento lâmina foliar \leq 3,4cm	70/87	0,80
Comprimento lâmina foliar $>$ 3,4cm	55/62	0,88
Caule ausente	88/110	0,80
Comprimento caule \leq 5cm	37/39	0,94
Número de folhas \leq 5	25/38	0,65
Número de folhas $>$ 5 e \leq 10	83/91	0,91
Número de folhas $>$ 10	17/20	0,85

Indivíduos reprodutivos e produção de frutos

Cerca de 50% dos indivíduos reprodutivos apresentaram o comprimento da lâmina da maior folha entre 11 e 15 cm. O comprimento mínimo da lâmina da maior folha foi de 4 cm (figuras 2.2 e 2.7). A partir de 10 cm de comprimento do limbo da maior folha, o número de indivíduos reprodutivos aumentou e o de vegetativos diminuiu consideravelmente (figura 2.2). A probabilidade de indivíduos com o comprimento do limbo $L < 10$ cm se reproduzirem foi de apenas 0,0807 e a probabilidade de indivíduos com $L \geq 10$ cm não se reproduzirem foi de 0,0269 para as 260 plantas amostradas.

A maior parte das plantas reprodutivas apresentou caule mensurável, embora pequeno (cerca de 2,0 cm). A proporção de indivíduos reprodutivos com caule não mensurável ou muito pequeno foi reduzida (11%) e 50% tiveram comprimento do caule entre 3 e 6 cm (figuras 2.3 e 2.6). A presença de caule visível foi um bom indicador para o reconhecimento de indivíduos reprodutivos e, portanto, adultos. Comprimentos do caule maiores que 10 cm foram valores extremos ou muito extremos da distribuição (figura 2.6). Todas as plantas com mais de 21 folhas eram reprodutivas (figura 2.4).

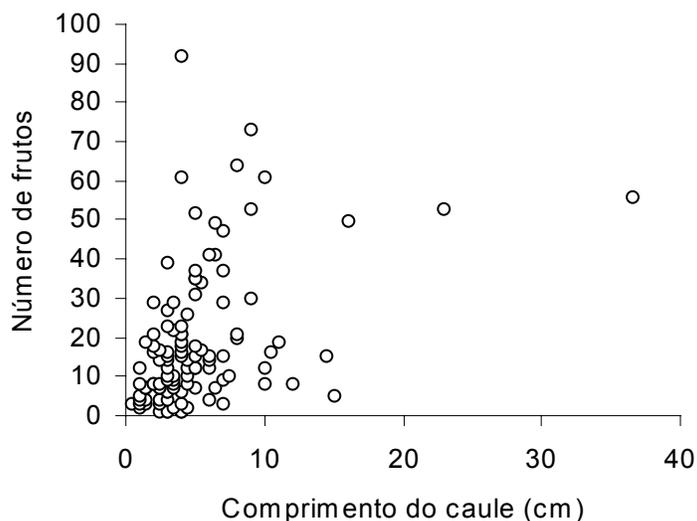


Figura 2.14: Relação entre o número de frutos e o comprimento do caule por indivíduo em 15 m² de uma população de *Eriocnema fulva* (Número de indivíduos = 111, outubro/1997). $a = 10,54$, $b = 1,60$, $r^2 = 0,17$; $p < 0,001$.

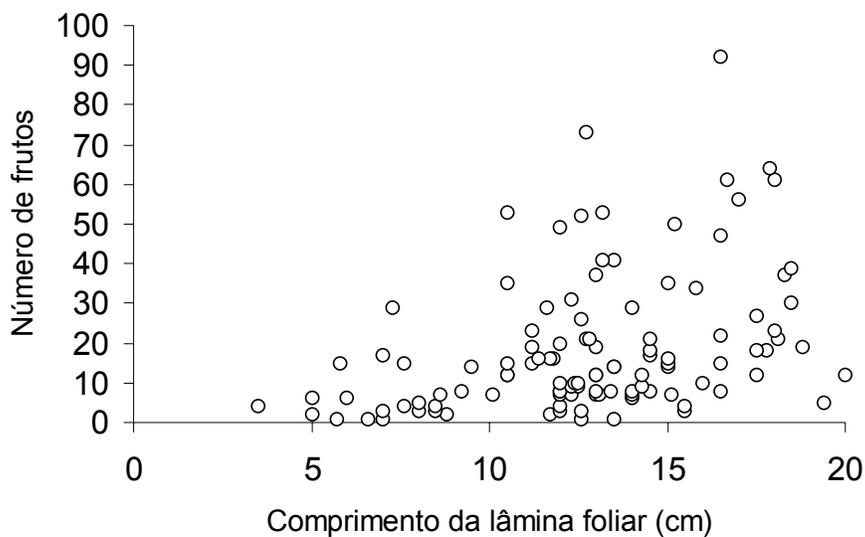


Figura 2.15: Relação entre o número de frutos e o comprimento da lâmina da maior folha por indivíduo em 15 m² de uma população de *Eriocnema fulva* (Número de indivíduos = 111, outubro/1997). $a = -5,44$, $b = 1,75$, $r^2 = 0,41$; $p < 0,001$.

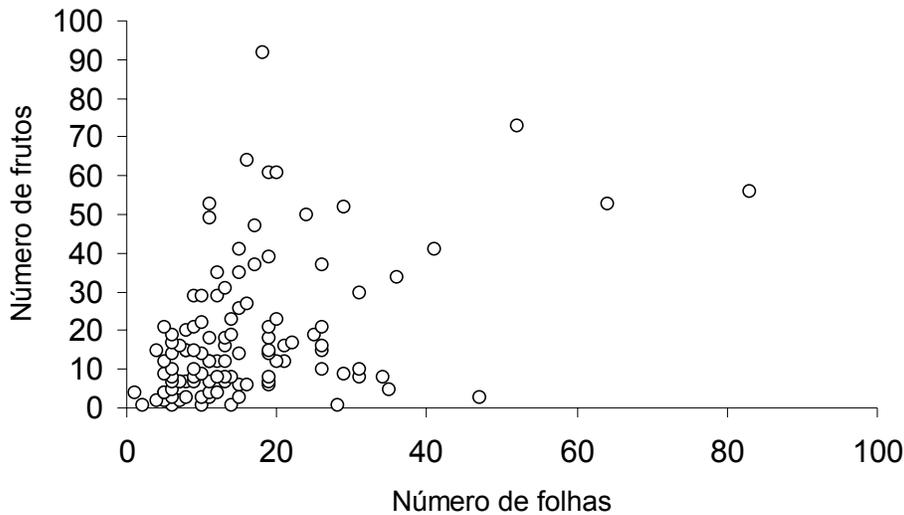


Figura 2.16: Relação entre o número de frutos e o número de folhas por indivíduo em 15 m² de uma população de *Eriocnema fulva* (Número de indivíduos = 111, outubro/1997). $a = -2,03$, $b = 0,90$, $r^2 = 0,32$; $p < 0,001$.

A metade das plantas reprodutivas teve entre 10 e 20 folhas e indivíduos com mais que 37 folhas representaram valores extremos da distribuição (figura 2.9). A maior parte dos indivíduos, tanto reprodutivos quanto vegetativos, de toda a população teve entre cinco e 15 folhas. As plantas reprodutivas puderam ser caracterizadas pela presença de caule, por apresentarem o comprimento do limbo da maior folha maior que 6 cm e por possuírem mais que 5 folhas.

Os 111 indivíduos reprodutivos produziram 2086 frutos em 15 m² em 1997, com média de 40,1 frutos por planta e desvio padrão de 17,0. Entretanto, a maior parte das plantas (69%) produziu uma média de 9,4 frutos por indivíduo com desvio padrão de 5,5. A produção de frutos considerando apenas os indivíduos férteis apresentou hierarquia acentuada (Coeficiente de Gini= 0,77), com 30% dos indivíduos produzindo cerca de 65% dos frutos (figuras 2.5, 2.11). A produção de frutos não diferiu entre os anos ($H_{(2, N = 309)} = 0,21$; $p = 0,89$).

O comprimento do caule e da lâmina da maior folha e o número de folhas estiveram significativamente relacionados à produção de frutos. Entretanto, os coeficientes de determinação mostraram que essas relações não foram fortes, sendo explicadas parcialmente pelas regressões (tabela 2.3, figuras 2.14 a 2.16).

Assim, a produção de frutos poderia estar também relacionada a outras variáveis, além das medidas de tamanho citadas.

A análise de variância (ANOVA) foi utilizada para testar se existia diferença entre o número de folhas por indivíduo e a produção de frutos no ano de 1997. O número de folhas foi dividido em três classes: ≤ 10 folhas, > 10 e ≤ 20 , e > 20 folhas. Os resultados mostraram que existia diferença na produção de frutos entre as classes ($F_{(2, 111)} = 8,044$; $p=0,0005$). Entretanto, o teste *a posteriori* de Scheffé ($p= 0,88$) mostrou que não existia diferença significativa entre a classe de tamanho intermediária (número de folhas > 10 e ≤ 20) e a classe com número de folhas > 20 . Para o comprimento da maior lâmina foliar nas classes ≤ 10 cm, > 10 e $\leq 17,5$ cm, e $> 17,5$ cm, a diferença foi significativa ($F_{(2, 111)} = 8,004$; $p= 0,0005$). O teste *a posteriori* de Scheffé também mostrou que não existia diferença significativa entre a classe de tamanho intermediário (comprimento da lâmina foliar > 10 e $\leq 17,5$ cm) e a classe com comprimento da lâmina foliar $> 17,5$ cm. Esses resultados indicam que, depois que a planta atinge um certo comprimento da maior lâmina foliar e um certo número de folhas, tende a manter a mesma produção de frutos. Entretanto, considerando a relação entre o comprimento do caule e a produção de frutos, não houve esta mesma tendência. O comprimento do caule foi dividido em três classes ≤ 5 cm, > 5 cm e ≤ 10 cm, e > 10 cm. Os resultados mostraram que existia diferença entre as classes ($F_{(2, 11)} = 7,283$; $p=0,0010$). O teste *a posteriori* de Scheffé mostrou não haver diferença entre a classe intermediária (> 5 cm e ≤ 10 cm) e a classe com o comprimento do caule > 10 cm ($p=0,999$). Mas também mostrou não haver diferença entre a classe de menor comprimento do caule (5 cm) e a classe com o comprimento do caule maior que 10 cm ($p=0,116$). A fertilidade individual tendeu a aumentar com o aumento do tamanho da planta (figuras 2.14 a 2.16 e tabela 2.3), mas, embora o tamanho do caule estivesse significativamente relacionado à produção de frutos, não foi o fator principal, e outras variáveis, como as ambientais, podem ser importantes.

Tabela 2.3: Parâmetros das regressões lineares entre as medidas de tamanho em uma população de *Eriocnema fulva*. n = número de indivíduos em 15 m²; a= coeficiente linear; b = coeficiente angular; r² = coeficiente de determinação, p = probabilidade de a relação obtida ser devida ao acaso, b comum = inclinação ajustada e utilizada para testar diferenças entre os coeficientes lineares entre os três anos. CLF= Comprimento da lâmina foliar, NF= Número de folhas, NFR= Número de frutos. As regressões para todos os anos foram significativas com p < 0,001.

		1997	1998	1999	
NF	N	260	263	281	
	a	- 2,03	- 2,53	- 4,16	
	X	0,90	0,72	0,85	
	NFR	0,32	0,34	0,45	
	r ²				
	b comum				0,82
	a comum				- 2,94
CLF	N	260	263	281	
	a	- 5,44	- 4,78	- 4,69	
	X	1,75	1,47	1,55	
	NFR	0,41	0,40	0,36	
	r ²				
	b comum				1,59
	a comum				- 4,94

A análise de covariância entre todos os anos ($F_{(2, 798)} = 1,819$; $p = 0,160$) indicou não haver diferença significativa na relação entre a produção de frutos e o número de folhas (tabela 2.3). Também foi não significativa para a relação entre o número de frutos e comprimento da lâmina foliar ($F_{(2, 798)} = 1,361$; $p = 0,255$), mostrando que as relações entre a fertilidade e as folhas permaneceram as mesmas no período amostrado.

DISCUSSÃO

Estrutura da população:

As populações de *Eriocnema fulva* ocorrem de modo descontínuo no espaço, em paredões ao longo das margens de cursos de água, onde o ambiente é sombreado e úmido, com temperaturas amenas (observação pessoal). Esse mesmo padrão descontínuo parece existir também, em menor escala, dentro da área amostrada, com grande variação de densidade. As diferenças de densidade poderiam estar ligadas à heterogeneidade ambiental no sub-bosque, conforme já descrito em estudos de palmeiras em ambientes tropicais (Chazdon 1986,

Chazdon & Pearcy 1991). *Eriocnema fulva* é uma espécie herbácea rosulada na fase jovem (hemicriptófito rosulado) e na fase adulta, com o crescimento gradativo do caule, torna-se prostrada (caméfito ativo), apoiando-se sobre a rocha. A área média ocupada por uma planta no paredão rochoso é pequena. Possivelmente, a intensidade de luz seja um fator fundamental para compreender a distribuição espacial da população e seu papel na sobrevivência dos indivíduos merece ser investigado. Observamos que a abertura de uma clareira próxima a um agrupamento de indivíduos, distante do local estudado cerca de 500 m, aumentou a luminosidade e ocorreu a morte de muitos indivíduos após três meses (observação pessoal).

As plantas vegetativas de menor comprimento da maior lâmina foliar perfizeram cerca de 33% dos indivíduos da população estudada. A existência de grande proporção de indivíduos jovens mostrou que a população estava reproduzindo-se no local. Entretanto, não podemos dizer que a população estivesse crescendo ou que se encontrava estável, pois uma análise baseada somente em tamanho dos indivíduos, como a que fizemos, pode fornecer apenas uma descrição momentânea e parcial dos padrões da população (Watkinson 1986). A estrutura de tamanho deve ser utilizada somente para descrever padrões gerais da população, não sendo adequada para fazer previsões a respeito do passado ou do futuro (Whitmore 1975). Estudos de longo prazo, analisando a mortalidade e o crescimento dos indivíduos jovens e adultos, são fundamentais para fazer qualquer inferência a respeito de ciclos populacionais ou da manutenção da estabilidade em espécies tropicais.

As hierarquias de tamanho são de interesse evolucionário e ecológico porque a distribuição de tamanho de uma população freqüentemente reflete a distribuição da aptidão na população (Weiner 1988). O coeficiente de Gini e a curva de Lorenz mostraram que o comprimento do caule foi a variável que apresentou a maior hierarquia de tamanho na população como um todo. Entretanto, o comprimento da lâmina da maior folha foi a melhor expressão do tamanho da planta na indicação de sua fase de desenvolvimento e o número de folhas foi uma variável subsidiária importante para descrever a alteração do

tamanho ao longo do tempo. O número de folhas variou significativamente entre os anos, aumentando de forma lenta, com diferenças de crescimento só detectadas após dois anos de medições, indicando a variação da estrutura da população através do tempo.

Indivíduos vegetativos com comprimento do limbo da maior folha maior que 1 cm.

Os indivíduos vegetativos apresentaram grande variação de tamanhos, desde plantas muito pequenas até grandes, com comprimento da lâmina foliar variando de 1 cm até 10 cm. Como o crescimento da planta é lento, essas diferenças indicariam o longo tempo que um indivíduo pode levar até conseguir armazenar energia suficiente para a reprodução. É bem conhecido que as plantas só florescem e frutificam após terem alcançado um certo tamanho e todas as espécies passam por um período após a germinação durante o qual não podem florescer (Harper & White, 1974). A diferença de tamanho entre indivíduos vegetativos e reprodutivos indicaria que há necessidade de acumular energia antes de reproduzir-se e que um acúmulo suficiente de energia só seria conseguido através do aumento do tamanho. A maior probabilidade de sobrevivência dos indivíduos de maior tamanho era esperada, uma vez que uma forte correlação entre tamanho e sobrevivência tem sido encontrada em estudos com plantas arbóreas (Hutchings, 1997) ou herbáceas (Solbrig 1981).

Indivíduos reprodutivos e produção de frutos

Após atingir um tamanho em que o caule seja aparente, possua mais que cinco folhas e o comprimento da lâmina da maior folha tenha 4 cm ou mais, *Eriocnema fulva* pode iniciar seu período reprodutivo. Um indivíduo cuja maior folha tinha comprimento do limbo igual a 1 cm na primeira observação em 1997 se reproduziu pela primeira vez após dois anos e seis meses. O tempo necessário para que o comprimento do limbo da maior folha dessa planta atingisse 1 cm não

foi acompanhado e, ao lado desse indivíduo, havia outras plantas cuja maior folha tinha também a mesma medida na observação inicial, mas não cresceram no período de acompanhamento. Isso mostra que uma planta pode permanecer durante muito tempo sem crescer, estagnada em determinado tamanho, até ter condições para crescer e reproduzir-se. O acompanhamento da germinação de sementes em casa de vegetação mostrou que, após um ano e oito meses, as plântulas apresentavam limbos foliares com menos de 1 cm de comprimento. Assim, não foi possível estimar o tempo mínimo necessário para *Eriocnema fulva* reproduzir-se pela primeira vez, mas, considerando os dados acima, conjectura-se que seja maior que quatro anos. Nossas observações mostraram que são necessárias condições ambientais muito peculiares para a sobrevivência da espécie e que o crescimento é lento, podendo a primeira reprodução ocorrer em idades cronológicas muito diferentes entre plantas. Em geral, plantas com reprodução precoce têm vida curta, enquanto as com reprodução tardia têm vida longa (Harper & White 1974). Isso poderia decorrer de uma alternância de investimento energético entre crescimento vegetativo ou reprodução. *Eriocnema fulva* é uma espécie iteropárica e provavelmente de vida longa.

A probabilidade de indivíduos com as folha $\geq 10\text{cm}$ não se reproduzir foi de 2,69 % e as diferenças de tamanho entre plantas vegetativas e reprodutivas foram significativas. Porém, na fase vegetativa não foi possível diferenciar estádios por meio de características externas visíveis e mesmo a transição para o estágio reprodutivo não foi rigorosamente caracterizada, ocorrendo variações contínuas no comprimento da lâmina foliar e no número de folhas. Em algumas espécies, é difícil ou mesmo impossível identificar as diferenças entre os estádios e fases no período pré-reprodutivo, porque a estrutura de suas folhas, ramos e sistema radicular dificilmente muda durante esse período (Gatsuk *et al.* 1980). Assim, atingir um tamanho mínimo é importante, mas após isso, possivelmente, a transição para o estágio reprodutivo deve ocorrer como consequência de condições ambientais favoráveis. A regularidade na produção de frutos entre os anos poderia ser decorrente de uma pequena variação das condições ambientais

no local, bem como da lentidão do crescimento, que implica na necessidade de acompanhamento por um intervalo de tempo mais longo do que o utilizado aqui.

O tamanho das plantas é um importante componente da aptidão, com conseqüências para a sobrevivência e a fecundidade (Harper & Bell 1979, Weiner & Thomas 1986). Entretanto, foram encontrados indivíduos reprodutivos com caule grande produzindo um número de frutos semelhante ao de indivíduos com caules menores. As alternâncias de investimento energético em crescimento ou reprodução são conhecidas nos estudos de biologia vegetal (Harper & White 1974; Solbrig 1981). O princípio de alocação de recursos mostra que, muitas vezes, os indivíduos precisam alocar os recursos entre demandas que competem entre si. O balanço entre reprodução e outras atividades manifesta-se como custos de reprodução e não há uma solução única para maximizar a aptidão (Silvertown & Lovett Doust 1993). Assim, é provável que para esta população, de um lado, o custo energético para o aumento na produção de frutos após certa idade ou certo tamanho seja mais alto e não seria compensador; mas, de outro, a probabilidade de sobrevivência do indivíduo seria maior, se a energia fosse direcionada para o crescimento (Silvertown & Lovett Doust 1993). Isto é, à medida que o tamanho da planta aumenta, também aumentam suas chances de sobrevivência, embora a fertilidade não aumente a partir de um certo tamanho. Assim, a grande fertilidade e a maior probabilidade de sobrevivência das plantas de grande tamanho representariam vantagem para a população de *E. fulva*.

Quanto maior o número de folhas, maior a área para a fotossíntese e, com mais energia, a planta poderia produzir maior número de frutos (Chabot & Hicks 1982). Em *Eriocnema fulva* o número médio de frutos por planta aumentou com o aumento do tamanho individual até certo ponto, pois o número médio de frutos produzidos pelas plantas com dez a vinte folhas não foi significativamente diferente do número de frutos produzidos pelas plantas com mais de vinte folhas. Indivíduos maiores normalmente produzem mais sementes que indivíduos pequenos (Solbrig, 1981), mas conforme o princípio de alocação de recursos, pode ocorrer alternância de investimento entre o aumento do tamanho do indivíduo e a produção de sementes ou mudanças na proporção da biomassa

destinada à reprodução em um dado tamanho (Solbrig 1981, Silvertown & Lovett-Doust 1993).

Seria interessante avaliar quais seriam os principais fatores na geração da distribuição de tamanhos entre os indivíduos de uma população, posto que *Eriocnema fulva* não ocorre associada a outras espécies de angiospermas, mas apenas a briófitas e pteridófitas (observação pessoal). A competição intra-específica, indicada pela correlação negativa (coeficiente de Pearson) do número de frutos com a densidade, poderia influir na fertilidade, pois as plantas maiores apresentarem maior fertilidade. A alta densidade da população em algumas parcelas também poderia acentuar a ação da competição intra-específica e, em alguns locais, *Eriocnema fulva* poderia seguir o padrão de competição por luz sugerido para monoculturas em altas densidades (Weiner & Thomas 1986).

Um estudo demográfico de *Heliconia acuminata*, uma espécie herbácea da Amazônia, mostrou que a diminuição do tamanho da planta com a fragmentação florestal reduziu a produção de frutos (Bruna & Kress 2002). Estudos da relação alométrica entre biomassa vegetativa e reprodutiva em *Rumex obtusifolia* L. indicaram que o incremento na biomassa reprodutiva foi menos rápido que o aumento na biomassa vegetativa e, conseqüentemente, o esforço reprodutivo decresceu com o aumento do tamanho da planta (Pino *et al.* 2002). Embora existam controvérsias, os autores discutiram os padrões encontrados usando as relações entre custo reprodutivo, esforço reprodutivo e tamanho. As relações entre esses fatores poderiam ser a explicação para o padrão encontrado em *E. fulva*, mas discutir os custos de reprodução vai além dos objetivos deste trabalho. Mesmo não havendo aumento contínuo da produção de frutos nas maiores classes de tamanho, nossos dados mostraram que o tamanho tende a ser importante para a fertilidade de *Eriocnema fulva*. Os dados ainda indicaram que a densidade é um outro fator correlacionado ao tamanho e, conseqüentemente, à produção de frutos. Assim, o tamanho da planta é uma das variáveis relevantes a serem consideradas na análise de probabilidades de sobrevivência da espécie, pois uma população com indivíduos grandes produziria mais frutos, aumentando as chances de recrutamento.

Descrevemos padrões gerais para apenas uma população de *Eriocnema fulva* estudada na RPPN Mata do Jambreiro a partir dos dados relativos à sua estrutura de tamanho ao longo do tempo. Nossos resultados constituem as primeiras informações sobre a estrutura de uma população dessa espécie ameaçada de extinção, mas é necessário que sejam complementados com estudos em longo prazo e de populações em outras áreas para entender as variações no espaço. Assim, será possível compreender os aspectos gerais aqui descritos e seu aprofundamento permitirá situar melhor a espécie dentro das várias abordagens da biologia de populações de plantas.

Bibliografia

- AARSSSEN, L. W. & CLAUSS, M.J. 1992. genotypic variation in fecundity allocation in *Arapidopsis thaliana*. *J. Ecol.* 80: 109-114.
- AARSSSEN, L. & TAYLOR, D. R. 1992. Fecundity allocation in herbaceous plant. *Oikos* 65: 225-232.
- ANDRADE, P. M. 1993. *Estrutura do estrato herbáceo de trechos da Reserva Biológica Mata do Jambreiro, Nova Lima, MG*. Tese de Mestrado, Campinas, Instituto de Biologia, UNICAMP.
- ANDRADE, P.M., MARTINS, F. R., MARTINS, E. R. F. 2003. Sistema de reprodução de *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae) na Mata do Jambreiro, Nova Lima, Minas Gerais. (não publicado).
- BADINI, J. 1940. Contribuição à geobotânica das Melastomataceas ouropretanas. *Revista Farmaceutica de Ouro Preto*. Ano I N.^{os} 4 e 5 P8.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSED, C.R. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. 3 rd ed. Blackwell Science, Oxford.
- BRUNA, E. M. & KRESS, W. J. 2002. Habitat fragmentation and the demographic structure of an Amazonian understory herb (*Heliconia acuminata*). *Conservation Biology*. 16 (5): 1256-1266.

- CASWELL, H. 1989. *Matrix population models*. Sinauer, Sunderland.
- CLAUSS, M. J. & AARSSSEN, L. W. 1994. Phenotypic plasticity of size- fecundity relationships in *Arapidopsis thaliana*. *Journal of Ecology* 82: 447-455.
- CHABOT, B.F. & HICKS, D. J. 1982. The ecology of leaf life spans. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 229-259.
- CHAZDON, R.L. 1986. Light variation and carbon gain in rainforest understory palms. *Journal of Ecology* 74:995-1012.
- CHADZON, R.L. & PEARCY, R.W. 1991. The importance of sunflecks for forest understory plants. *BioScience* 41: 760-766.
- COGNIAUX, A. 1883. Melastomataceae Tribus I Microlicieae Triana. In: Martius, C.F.P. von; Endlicher, S.; Eichler, A.G. & Urban, J. 1860/1906. *Flora brasiliensis*. Monachii, Lipsiae apud Frid. Fleischer in comm. V. 14, t.3.
- CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL- COPAM. 1997. Aprova lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais. Deliberação COPAM N° 85. Belo Horizonte, *Minas Gerais*. 105 (206) 10-12.
- FOWLER, N. L. 1986. Density-dependent population regulation in a Texas grassland. *Ecology*, 67: 545-554.
- GATSUK, E.; SMIRNOVA, O V.; VORONTZOVA, L.I.; ZAUGOLNOVA, L.A. 1980. Age states of plants of various growth forms: a review. *Journal of Ecology* 68:675-96.
- GEBER, M. A. 1990. The cost of meristem limitation in *Polygonum arenastrum*: negative genetic correlations between fecundity and growth. *Evolution* 44: 799-819.
- HANZAWA, F. M. & KALISZ, S. 1993. The relationship between age, size, and reproduction in *Trillium grandiflorum* (Liliaceae). *American Journal of Botany* 80(4): 405-410.
- HARPER, J.L. 1977. *Population biology of plants*. London, Academic Press.
- HARPER, J.L. & BELL, A D. 1979. The population dynamics of growth form in organisms with modular construction. In: R.M. Anderson, B.C. Turner & L.R. Taylor (Eds.). *Population dynamics*. Blackwell, Oxford. P.29-52.
- HARPER, J.L. & WHITE, J. 1974. The demography of plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5: 419-463.

- HAVENS, K. ; PRESTON, K. A.; RICHARDSON, C.R. & DELPH, L. E. 1995. Nutrients affect allocation to male and female function in *Abutilon theophrasti* (Malvaceae). *American Journal of Botany* 82: 726-733.
- HAY, J. D. & BARRETO, E. J. M. 1988. Natural mortality of *Vochysia thyrsoidea* in an unburnt cerrado ecosystem near Brasília. *Biotrópica* 20: 274-279.
- HENRIQUES, R.P.B. & SOUZA, E.C.E.G. 1989. Population structure, dispersion and microhabitat regeneration of *Carapa guianensis* in northeastern Brazil. *Biotropica* 21:204-209.
- HERRERA, C.M. 1991. Dissecting factors responsible for individual variation in plant fecundity. *Ecology* 72 (4): 1436-1448.
- HUTCHINGS, M.J. 1997. The structure of plant populations. In: Crawley, M.J. (ed.) *Plant ecology*, pp. 325-358. 2nd. Ed. Blackwell Scientific, Oxford.
- LECHOWICZ, M. J. & BLAIS, P. A. 1988. Assessing the contributions of multiple interacting traits to plant reproductive success environmental dependence. *Journal of Evolutionary Biology* 1: 225-273.
- MCGRAW, J. B. & WULFF, R. D. 1983. The study of plant growth; a link between physiological ecology and population biology of plants. *Journal of Theoretical Biology* 103: 21-28.
- PATTERSON, D. 1995. Effects of photoperiod on reproductive development in velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) *Weed Science* 43: 627-633.
- PINO, J.; XAVIER SANS, F. & MASALLES, R. M. 2002. Size-dependent reproductive pattern and short-term reproductive cost in *Rumex obtusifolius* L. *Acta oecologica* 23: 321-328.
- PORTER, J.R. 1989. Modules, models and meristems in plant architecture. In: G. Russel, B. Marshall & P.G. Jarvis (Eds.). *Plants canopies: their growth, form and function*. Cambridge University Press, Cambridge. P. 143-159.
- SARUKHÁN, J. ; MARTINEZ-RAMOS, M. & PIÑERO, D. 1984. The analysis of demographic variability at individual level and its populacional consequences. In: Dirzo, R. & Sarakán, J. (ed.) *Perspective on plant population ecology*. Massachusetts, Sinauer Ass. Sunderland.
- SAUNDERS, D. A., HOBBS, R. J. & MARGULES, C. R. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation; a review. *Conservation Biology* 5: 18-32.

- SILVERTOWN, J. W. & LOVETT DOUST, J. 1993. *Introduction to plant population ecology* (3rd ed.). Blackwell, Cambridge.
- SOKAL, R.R. & ROHLF, J.F. 1969. *Biometry*. San Francisco, W. H. Freeman and Company.
- SOLBRIG, O T. 1981. Studies on the population biology of the genus *Viola*. II. The effects of plant size on fitness in *Viola sororia*. *Evolution* 35: 1080-1093.
- SOLBRIG, O T. & SIMPSON, B.B. 1974. Components of regulation of a population of dandelions in Michigan. *Journal of Ecology* 62: 473-486.
- SOLBRIG, O T. & SOLBRIG, D.J. 1984. Size inequalities and fitness in plant populations. In: R. Dawkins & M. Ridley (Eds.) *Oxford Surveys in Evolutionary Biology*. Vol.1. Oxford. P.141-159.
- WALLER, D. M. 1988. Plant morphology and reproduction. In: Lovett Doust, J. & Lovett Doust, L. (eds) *Plant, reproductive ecology: patterns and strategies*. Oxford Univ. Press. New York, pp. 203-227.
- WATKINSON, A R. 1986. Plant population dynamics. pp.:137-184 em Crawley, M. J. (ed.) *Plant ecology*. Blackwell Scientific Publ., Oxford.
- WEINER, J. 1988. Variation in the performance of individuals in plant populations. In: Davy, A. J. , Hutchings, M. J. & Watkinson, A.R. (eds). *Plant population ecology* . Black-well. Oxford . pp59-81.
- WEINER, J. 1995. Following the growth of individuals in crowded plant populations. *Trends of Ecology and Evolution* 10: 389-390.
- WEINER, J. & SOLBRIG, O T. 1984. The meaning and measurement of size hierarchies in plant populations. *Oecologia* 61:334-336.
- WEINER, J. & THOMAS, S.C. 1986. Size variability and competition in plant monocultures. *Oikos* 47: 211-222.
- WHITMORE, T.C. 1975. *Tropical rain forest of the far east*. Clarendon Press, Oxford.
- ZAR, H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd edn. London: Prentice-Hall International Editions.

CAPÍTULO 3 - CRESCIMENTO FOLIAR DE *Eriocnema fulva* Naudin (MELASTOMATACEAE) EM UM FRAGMENTO FLORESTAL NO BRASIL SUDESTE.

RESUMO

Eriocnema fulva tem distribuição geográfica restrita ao estado de Minas Gerais e é ameaçada de extinção. A Reserva Particular do Patrimônio Natural Mata do Jambreiro (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100m de altitude), situa-se no município de Nova Lima, no centro-sudeste de Minas Gerais, Brasil. A espécie é herbácea com caule prostrado e ocorre em manchas em paredões rochosos, na beira de riachos sombreados. Com o objetivo de investigar o desenvolvimento da folha e sua importância para a sobrevivência do indivíduo, foram instaladas 15 parcelas contíguas de 1m x 1m. Todos os indivíduos cuja maior folha tivesse comprimento do limbo maior ou igual a 1cm foram marcados, sendo medidos em 1997, 1998 e 1999. O tempo de expansão da folha foi registrado em 26 observações mensais até abril de 2000. Na área amostrada foram marcados 260 indivíduos com o comprimento do limbo foliar maior que 1cm. O tamanho das plantas, medido através do comprimento do limbo e do pecíolo e número de folhas, apresentou mudanças significativas somente após dois anos, indicando que o crescimento da planta é lento. A proporção das folhas sobreviventes após dois anos foi de 60%. O tempo necessário para a expansão da folha foi superior a 14 meses e é lento quando comparado com folhas de espécies arbóreas do dossel da floresta tropical. Maior longevidade foliar tende a ser encontrada em plantas de crescimento lento. Espera-se que algumas folhas tenham longevidade superior a 3 anos. O crescimento do pecíolo pode ajudar no melhor posicionamento da folha na busca de luz no sub-bosque, contribuindo para o crescimento e sobrevivência da planta. As relações entre a folha e demais medidas de tamanho foram significativas, indicando sua grande importância para o tamanho de cada planta. A idade do indivíduo de maior tamanho foi estimada em 166 anos através do acréscimo mediano anual de folhas.

CHAPTER 3 – FOLIAR GROWTH OF *Eriocnema fulva* Naudin (MELASTOMATACEAE) IN A FOREST FRAGMENT IN SOUTHEAST BRAZIL.

ABSTRACT

Eriocnema fulva Naudin is geographically restricted to Minas Gerais State and is an endangered species. Jambreiro Forest (19°58'-59'S, 43°55'-52' W, 800-1100m altitude) is located in the municipality of Nova Lima, center-southeast Minas Gerais, Brazil. The species is herbaceous with the stalk touching the ground and occurs as patches in canyons in shaded riverbanks. Aiming at investigating leaf development and its importance for species survival fifteen 1X1m contiguous plots were installed. All individuals in which the largest leaf had lamina length ≥ 1 cm were marked and measured in 1997, 1998 and 1999. The expansion period of the leaf was recorded in 26 monthly observations until April, 2000. In the sampled area, 260 individuals with leaf lamina larger than 1 cm were marked. Plant size, measured through lamina length, petiole and number of leaves, showed significant changes after two years. It was concluded that plant growth is slow. The proportion of surviving leaves after two years was 60%. The period necessary for leaf expansion was higher than 14 months and is slow when compared to leaves of arboreal species in the canopy of a tropical forest. Higher leaf longevity tends to be found in plants that exhibit slow growth. It is expected that some leaves have longevity higher than three years. Petiole growth can help for a better positioning of the leaf in the search for light in the understory contributing to the growth and survival of the plant. The relationship of the leaf and other size measures were significant, indicating its great importance for size of each plant. The age of the largest individual was estimated to be 166 years by the median annual increase in the leaves.

Introdução

O crescimento de uma planta é determinado em parte pela dinâmica e longevidade de suas folhas (Givnish 1984), uma vez que as folhas são os órgãos relacionados ao ganho de carbono nas plantas (Chabot & Hicks 1982). A fenodinâmica das folhas e sua organização no espaço, expressa como a arquitetura de cada planta, podem ser consideradas como elementos centrais na estratégia da planta para ganho de carbono. As relações entre longevidade, tamanho e padrão de emergência das folhas, em conjunto com a arquitetura da planta, afetam a produtividade primária (Kikuzawa 1995) e, conseqüentemente, a sua capacidade de sobrevivência. A longevidade das folhas varia de algumas semanas em plantas efêmeras até mais que dez anos em algumas espécies perenes (Chabot & Hicks 1982, Reich *et al.* 1992). As taxas de crescimento das plantas declinam com o aumento do tempo de vida das folhas e, quanto maior o tempo de vida da folha, mais lentamente cresce a planta (Crawley 1986, Mulkey *et al.* 1991, Reich *et al.* 1992). O desenvolvimento da folha geralmente é interpretado como parte da programação de alocação de recursos da planta e seu envelhecimento fisiológico e longevidade parecem ser parte de uma estratégia adaptativa geral (Thomas & Stoddart 1980 in Chabot & Hicks 1982).

As folhas são importantes para plantas de todos os portes, sejam árvores arbustos ou ervas. Há muitos estudos envolvendo a ecologia das folhas, alguns enfocam a longevidade foliar e ganho de carbono (Coley et al. 1993, Freiberg & Freiberg 1999, Bentley 1979, Chabot & Hicks 1982, Mulkey et al. 1993, Mulkey et al. 1991, Kitajima et al. 1997, Kursar & Coley 1999, Harper 1989, Reich et al. 1992, Walker & Aplet 1994, Kikuzawa 1995), outros abordam a dinâmica das folhas (Jurik & Chabot 1986, Escudero & Del Arco 1987, Costa & Seeliger 1988a, b; Hegarty 1990, Costa et al. 1991, Cavelier et al. 1992, Clark et al. 1992, Lowman 1992, Aide 1993, Telenius 1993, Diemer 1998, Carvalho et al. 1999, Santos 2000, Williams-Linera 2000), ou descrevem questões relativas à alometria e tamanho das folhas (Parkhurst & Louks 1972, Richards 1976, Dolph & Dilcher 1980, Kohyama 1987,

Kohyama & Hotta 1990, Sterk & Bonges 1998, Becker et al. 1999, Valladares et al. 2002). Entretanto, em florestas tropicais os estudos de dinâmica foliar de plantas herbáceas são escassos (Mulkey et al. 1991, Sharpe 1993, Horvitz & Schemske 1995, Bruna & Kress 2002). Supõe-se que as folhas sejam particularmente importantes para a sobrevivência de plantas herbáceas com folhas grandes em relação ao tamanho total do indivíduo. Neste caso, além dos ramos e do caule, as folhas e o pecíolo contribuem diretamente para a arquitetura da planta. Em ambientes tropicais, as folhas das plantas do sub-bosque tendem a possuir maior longevidade e tamanho que aquelas do dossel (Parkhurst & Loucks 1972, Reich et al. 1991, Reich et al. 1992).

Eriocnema fulva é uma espécie herbácea, com distribuição geográfica restrita ao estado de Minas Gerais. Embora esteja na lista das espécies ameaçadas de extinção, existem poucas informações sobre a sua biologia, locais de ocorrência ou sobre abundância e estrutura da população (Andrade et al. 2003a, Andrade et al. 2003b). Essas informações são básicas para conhecer a situação da espécie e subsidiar caminhos para ações relativas a manejo e conservação.

Assim, esperamos que características do desenvolvimento da folha sejam importantes especialmente para uma espécie do estrato inferior de uma floresta tropical e que aspectos relativos a seu desenvolvimento e tempo de vida sejam relevantes para sua sobrevivência. Os objetivos deste trabalho são descrever alguns aspectos relativos ao desenvolvimento da folha de uma espécie do estrato inferior de uma floresta; e investigar a importância da folha e de suas alterações durante a ontogenia para a sobrevivência da espécie. Para atingir esses objetivos procuramos responder às seguintes questões: 1) Como cresce uma folha e seu pecíolo? 2) O número de folhas aumenta durante a ontogênese da planta? 3) Quanto tempo dura uma folha? 4) O tamanho da folha tem relação com sua longevidade? 5) O crescimento da folha está relacionado à estrutura da planta e da população? 6) É possível estimar a idade dos indivíduos a partir de informações sobre a folha?

Material e métodos

Espécie estudada

Eriocnema fulva tem distribuição geográfica restrita ao estado de Minas Gerais. Até o momento foi registrada nos municípios de Ouro Preto e Sabará (Cogniaux 1883, Badini 1940) e Nova Lima (Andrade 1993). Faz parte da lista das espécies ameaçadas de extinção do estado de Minas Gerais (Conselho Estadual de Política Ambiental, 1997). É uma planta herbácea com caule prostrado e ocorre em grupos sobre paredões rochosos à margem de riachos sombreados por floresta estacional semidecídua. Os estudos recentes do sistema de reprodução mostraram que a espécie é auto-compatível, não produz frutos via autogamia nem agamospermia, mas requer obrigatoriamente vetores de pólen, pois a síndrome de polinização é vibrátil (Andrade *et al.* 2003a). Reprodução vegetativa não foi observada.

Coleta de dados:

A área de estudo foi descrita no capítulo 1. Na Reserva Biológica Mata do Jambreiro, *Eriocnema fulva* ocorre em manchas em paredões rochosos (filito), na beira de riachos sombreados. Numa dessas manchas foram instaladas 15 parcelas contíguas de 1m x 1m. As parcelas foram delimitadas com linhas de algodão, amarradas em pregos pequenos fixados no paredão. Todos os indivíduos cuja maior folha tivesse comprimento do limbo maior ou igual a 1cm foram marcados com uma plaqueta de alumínio numerada. Em cada indivíduo o número de folhas foi contado e da maior folha foram medidos o comprimento do pecíolo e a largura e o comprimento da lâmina foliar. O comprimento do caule foi medido na maioria das plantas, exceto nas plantas pequenas, em que o caule era tão reduzido que não foi possível medi-lo. Neste caso, informamos que a planta tinha caule não mensurável e representamos o comprimento do caule não mensurável como categoria "0" nos gráficos. Os indivíduos marcados nas parcelas foram contados e medidos pela primeira vez em 1997 e novamente em 1998 e 1999 com intervalos de 414 e 363 dias, respectivamente. O conjunto de dados coletados em 1997 foi utilizado para

classificação dos indivíduos em classes de tamanhos da população. Não incluímos as plantas com folhas menores que 1 cm, pois, devido à sua fragilidade e tamanho muito reduzido, não foi possível fazer as medições de tamanho necessárias. Para verificar as variações temporais no número de indivíduos, número de folhas e diferenças no tamanho, foram utilizadas as medições feitas em 1997, 1998 e 1999.

Para analisar a expansão da folha, medimos o comprimento do limbo e do pecíolo de 35 folhas de 28 indivíduos reprodutivos, escolhidos dentre os maiores indivíduos da população, em intervalos de 27 a 35 dias, durante 26 observações. Foi acompanhada pelo menos uma folha por indivíduo. Marcamos as folhas com etiquetas leves numeradas e amarradas com linha de algodão para não prejudicar seu desenvolvimento. Identificamos as folhas em processo inicial de expansão por seu tamanho reduzido e ou coloração mais clara. O acompanhamento e a medição de todas as folhas continuaram durante as 26 observações, mesmo se estas não apresentassem qualquer crescimento. As medidas foram obtidas com o auxílio de régua graduada e fita métrica.

Análise de dados

Delimitamos as classes de tamanho com o auxílio de diagramas de dispersão e de distribuição do comprimento da lâmina foliar, do comprimento do caule, do número de folhas e do número de frutos. Os intervalos das classes de tamanho foram definidos a partir dos diagramas de dispersão. As plantas reprodutivas foram reconhecidas pela presença de estruturas reprodutivas, como flores e frutos. Plantas sem essas estruturas foram consideradas como vegetativas. Dividimos as plantas em duas categorias: vegetativas e reprodutivas. Durante as medições, observamos grande diferença nas medidas entre folhas pequenas e grandes. Assim, terminadas as medições, classificamos as folhas em duas classes de tamanho: uma classe com comprimento do limbo até 7 cm e outra classe com comprimento do limbo maior que 7 cm.

Analisamos as relações entre as medidas de tamanho da folha na população como um todo através de regressões lineares (Zar 1984). Para verificar a variação das medidas de tamanho entre a observação inicial (1997) e a final (1999),

realizamos regressões e testamos as diferenças entre os coeficientes angulares (b) e interceptos (a) com análise de covariância e teste *a posteriori* de Scheffé (Sokal & Rolf 1969). Os testes ANCOVA e Scheffé só foram realizados para as regressões significativas. A análise de covariância foi calculada utilizando o programa ANCOVA de autoria do prof. Dr. Flavio A. M. Santos, do Departamento de Botânica da Universidade Estadual de Campinas. Analisamos a variação do número de folhas entre a observação inicial (1997) e a final (1999) através do teste Kruskal-Wallis, ANOVA por postos (Zar 1984). Estimamos a mediana anual para o acréscimo de folhas com base no número de folhas de todos os indivíduos no início (1997) e no final do período de observações (1999), excluindo as plantas que morreram. O intervalo de confiança da mediana foi calculado segundo Zar (1984). Na análise da expansão das 35 folhas acompanhadas, o número inicial de folhas de limbo $>7\text{cm}$ ou limbo $\leq 7\text{cm}$ foi considerado a partir do crescimento máximo que a folha conseguiu atingir até morrer ou até o período final de acompanhamento. Na análise do crescimento mensal do limbo e do pecíolo foram considerados os dados até o crescimento estacionar, isto é, até a repetição da mesma medida durante três observações seguidas. Este critério foi adotado mesmo para folhas que pararam de crescer por períodos maiores que três meses e depois retomaram o crescimento. O crescimento mensal do limbo e do pecíolo foi obtido com a correção dos intervalos das medidas (que variaram de 27 a 35 dias) para 30 dias e calculando o crescimento proporcionalmente. A diferença entre as velocidades de crescimento de folhas com limbo $> 7\text{cm}$ e limbo $\leq 7\text{cm}$ foi verificada com o teste U de Mann-Whitney e foi incluído Z (valor do desvio da distribuição normal) porque a amostra possuía número de indivíduos maior que 20 (Zar 1984). O teste de Mann-Whitney foi usado também para verificar as diferenças de crescimento do pecíolo.

Resultados

Crescimento e sobrevivência da folha.

Nos indivíduos reprodutivos de *Eriocnema fulva* as folhas se dispunham de modo diferenciado, dependendo de seu tamanho: as menores estavam próximas

ao caule, devido ao seu pecíolo curto, na parte da planta voltada para cima; e as folhas maiores, com os pecíolos mais longos, situavam-se na parte voltada para baixo. Apesar de o crescimento da folha não ter sido acompanhado nos indivíduos vegetativos, observamos que mostraram a mesma tendência para a disposição das folhas. Os indivíduos pequenos apresentavam forma rosulada. No início da expansão, a folha era mais flexível e apresentava coloração verde-clara. A folha madura tinha consistência mais firme e resistente e coloração verde-escura e, mesmo mudando o aspecto, algumas ainda continuaram o crescimento. O fluxo de folhas nos indivíduos reprodutivos de *Eriocnema fulva* era contínuo, surgindo uma folha de cada vez. Isto é, não havia várias folhas novas ao mesmo tempo, mas como não foi feito o estudo de dinâmica foliar não sabemos se o aparecimento de uma nova folha acontece apenas após a total expansão da folha precedente. Embora a expansão da folha não tenha sido acompanhada nos indivíduos vegetativos, observamos a mesma tendência, surgindo uma folha de cada vez. A velocidade de expansão do limbo com comprimento maior que 7 cm diminuiu rapidamente ao aproximar-se do tamanho máximo (figura 3.1). As folhas cujo limbo atingiu até 7 cm de comprimento alcançaram o desenvolvimento máximo na metade do tempo que as folhas com o limbo mais longo. A velocidade mediana de crescimento mensal das folhas menores foi significativamente menor que a das folhas com limbo maior que 7 cm (tabela 3.1 e figura 3.1). As folhas maiores gastaram mais tempo para crescer e tiveram maior taxa de crescimento mensal que as folhas menores (tabela 3.1). O limbo das folhas com maior comprimento (>7cm) levou um tempo mediano de 13,5 meses (tabela 3.1) para expandir-se completamente. Espera-se que, para compensar o investimento energético, a folha expandida tenha longevidade mínima igual ao tempo de expansão. O crescimento do pecíolo apresentou o mesmo padrão que o da folha (tabela 3.1), estando o tamanho de ambos significativamente correlacionado (tabela 3.3, figura 3.2).

Tabela 3.1: Crescimento mensal do limbo e do pecíolo de folhas que atingiram comprimento do limbo ≤ 7 cm ou > 7 cm em plantas reprodutivas de *Eriocnema fulva*. Diferenças verificadas com o teste U de Mann-Whitney, com valor Z (desvio da distribuição normal) porque a amostra possuía número de indivíduos maior que 20 (Zar 1984). N=Número de medidas. n=número de folhas e pecíolos acompanhados, gl= grau de liberdade, p= probabilidade de a relação obtida ser ao acaso $< 0,001$. N= número de indivíduos, CML= Crescimento mensal do limbo, CMP= Crescimento mensal do pecíolo, TEL= Tempo de expansão do limbo, TEP= Tempo de expansão do pecíolo.

	CML ≤ 7 cm (cm)	CML > 7 cm (cm)	CMP ≤ 7 cm (cm)	CMP > 7 cm (cm)	TEL ≤ 7 cm meses	TEL > 7 cm meses	TEP ≤ 7 cm meses	TEP > 7 cm meses	p
N	12	14	17	8	12	14	17	8	
N	81	211	132	118	-	-	-	-	
Mediana	0,35	0,51	0,19	0,55	6,50	13,50	7,00	14,00	
Intervalo de confiança -95%	0,17	0,50	0,50	0,50	3	12	3	13	
Intervalo de confiança +95%	0,45	0,67	0,93	0,77	12	19	12	16	
Quartil Inferior	0,00	0,44	0,00	0,29	3,50	12,00	3,00	13,00	
Quartil Superior	0,50	0,97	0,50	1,00	12,00	19,00	12,00	16,00	
Amplitude dos Quartis (50% dos Indivíduos)	0,50	0,52	0,50	0,70	8,50	7,00	9,00	3,00	
Amplitude total incluindo valores extremos	1,20	2,20	1,32	1,93	15,00	25,00	14,00	25,00	
Mínimo	0	0	0	0	1	8	2	7	
Máximo	1,32	2,2	1,32	1,93	15	25	14	25	
U	5013,00		4595,50			-		-	$< 0,001$
Z	5,46		-5,74			-		-	$< 0,001$

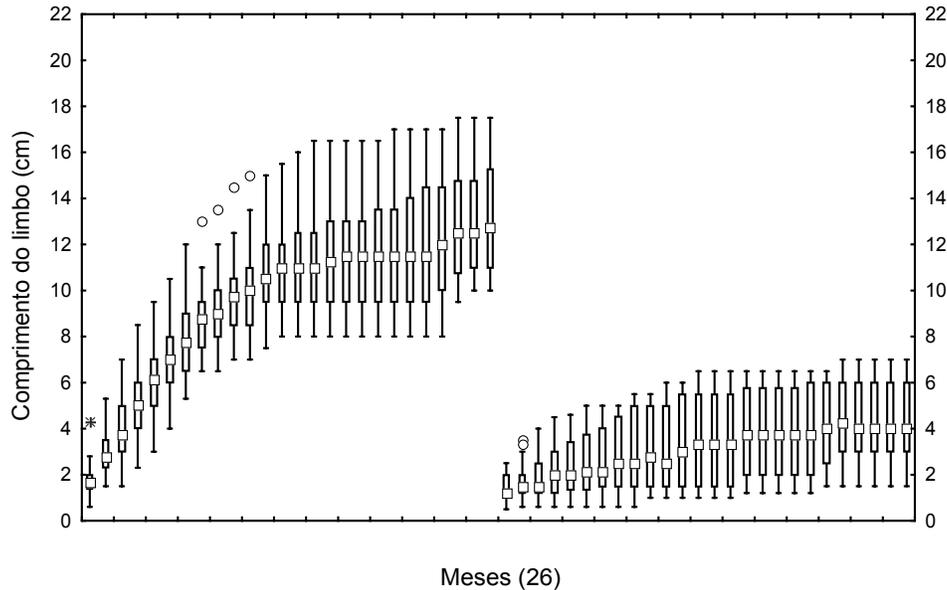


Figura 3.1 : Crescimento da folha de plantas reprodutivas de *Eriocnema fulva* ao longo do tempo. Comprimento do limbo >7 cm no lado esquerdo do gráfico e do limbo ≤ 7 cm no lado direito. Em cada observação, o retângulo inclui 50% dos indivíduos; o pequeno quadrado no interior do retângulo indica a mediana da distribuição; as barras horizontais indicam a amplitude da distribuição, exceto valores extremos (representados por círculos) e muito extremos (representados por asteriscos).

A proporção das folhas sobreviventes após dois anos foi de 60%. As folhas com comprimento do limbo maior que 7 cm tiveram proporção de sobreviventes maior (85%) que aquelas com limbo ≤ 7 cm (42%). A mediana do tamanho das folhas que morreram foi de 2,0 cm (intervalo de confiança $-95\% = 1,2$ cm e intervalo de confiança $+95\% = 3,0$ cm). As causas da morte das folhas durante a expansão não foram identificadas. Algumas mudaram a coloração aparentemente devido a ataques de fungos. Predação por insetos foi observada apenas em um caso isolado. As folhas sobreviventes tiveram longevidade maior que 24 meses e dentre estas cerca de 28% ainda continuaram o seu crescimento, ou seja, considerando o investimento energético espera-se que algumas folhas tenham longevidade superior a 3 anos. Mas, esta afirmação precisa ser confirmada por estudos posteriores de dinâmica foliar.

Crescimento da folha e sua relação com a estrutura da planta

Na área amostrada, em 1997 marcamos 260 indivíduos com o comprimento do limbo foliar maior que 1 cm, sendo 149 vegetativos e 111 reprodutivos. Em 1998 registramos 263 indivíduos, sendo 165 vegetativos e 98 reprodutivos e em 1999 encontramos 281 indivíduos, sendo 181 vegetativos e 100 reprodutivos.

A mediana do número de folhas da população como um todo, incluindo plantas reprodutivas e vegetativas, aumentou de 8,0 em 1997 e 1998 para 9,0 em 1999 (Kruskal-Wallis de ANOVA por postos: $H(2, N = 804) = 8,97$ e $p < 0,05$). Assim, o número de folhas aumentou na população como um todo, mas este aumento só foi significativo após dois anos. Excluindo os indivíduos que morreram, restaram 229 plantas e a mediana anual de acréscimo de folhas para cada uma das plantas foi de 0,50 com intervalo de confiança $-95\% = 0,50$ e intervalo de confiança $+95\% = 0,50$ (mínimo = 0 folhas e máximo = 15 folhas adicionadas).

A relação entre o comprimento e a largura da lâmina foliar foi significativa, mostrando que, à medida que aumentou o comprimento, aumentou também a largura (figura 3.3 e tabela 3.2). Entretanto, entre 1997 e 1999, o teste de Scheffé mostrou que essa relação foi significativa também para o b (coeficiente angular) que diferiu entre 1997 e 1999, indicando ocorrência de mudança na forma da folha, que se tornou mais longa em relação à largura (tabela 3.2). A relação entre o comprimento da lâmina foliar e o comprimento do pecíolo também foi significativa e o b (coeficiente angular) diferiu entre 1997 e 1999, mostrando que o pecíolo tendeu a crescer mais, ficando mais longo em relação ao comprimento do limbo (figura 3.2 e tabela 3.2).

A distribuição do comprimento da lâmina foliar mostrou que metade dos indivíduos (50%) apresentou folhas pequenas, até 6 cm de comprimento, com predomínio dos indivíduos vegetativos (figura 3.4). A maior parte dos indivíduos amostrados apresentou pequeno número de folhas, especialmente as plantas vegetativas (figura 3.5).

Tabela 3.2: Parâmetros das regressões lineares entre as medidas de tamanho em uma população de *Eriocnema fulva*. n = número de indivíduos em 15 m²; a= coeficiente linear; b= coeficiente angular; r² = coeficiente de determinação, p= probabilidade de a relação obtida ser devida ao acaso, b comum = inclinação ajustada e utilizada para testar diferenças dos coeficientes lineares entre os três anos. CLF= Comprimento da lâmina foliar, CP= Comprimento do pecíolo, NF= Número de folhas, LLF= Largura da lâmina foliar, NF= Número de folhas, TS= teste a posteriori de Scheffé para b comum (p=0,05). NS= Não significativo. A Análise de covariância e teste a posteriori de Scheffé, feitos apenas para as regressões significativas, CLF x LLF (F_(2, 798)=6,32; p<0,001) e CLF x CP (F_(2, 798)=6,81; p<0,001).

		1997	1998	1999	TS	
CLF	n	260	263	281		
	a	-0,0065	0,0349	0,0395		
X	b	0,65	0,63	0,61		
LLF	r ²	0,95	0,94	0,95		
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
b comum					0,63	
a comum					0,0294	
1997 x 1998						NS
1998 x 1999						NS
1997 x 1999						< 0,05
CLF	n	260	263	281		
	a	- 1,53	- 1,51	- 1,24		
X	b	1,28	1,21	1,12		
CP	r ²	0,84	0,84	0,82		
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
b comum					1,20	
a comum					- 1,40	
1997 x 1998						NS
1998 x 1999						NS
1997 x 1999						< 0,05
CLF	a	3,95	4,81	5,58		
X	b	0,93	0,99	0,99		
NF	r ²	0,29	0,28	0,24		
	p	< 0,001	< 0,001	< 0,001		
b comum					0,97	
a comum					4,79	

Embora o coeficiente de determinação (r²) tenha explicado pouco da variação, a relação entre o comprimento da lâmina foliar e o número de folhas foi significativa (tabela 3.2), mostrando que o aumento do comprimento do limbo e aumento do número de folhas ocorre em conjunto. A análise de covariância entre o comprimento da lâmina foliar e o número de folhas para as inclinações da reta entre todos os anos (tabela 3.2) foi não significativa (F_(2, 798)=0,12; p=0,88),

indicando que o aumento no comprimento do limbo e número de folhas aconteceu na mesma proporção entre os anos amostrados.

As relações entre as medidas de tamanho foram significativas, tendo o coeficiente de determinação (r^2) valores altos na maioria das regressões (tabela 3.2). Em conjunto, os parâmetros das regressões e suas alterações, bem como os diagramas de dispersão (figuras 3.2, 3.3, 3.6, 3.7, 3.8), mostraram como o tamanho da planta aumenta em direção à etapa reprodutiva. Tanto o comprimento quanto a largura do limbo foliar aumentaram durante a ontogenia, mas o comprimento tendeu a aumentar mais (figura 3.3, tabela 3.2). À medida que o comprimento do limbo foliar aumentava, também aumentava o comprimento do pecíolo (figura 3.2), posicionando a lâmina para mais longe da planta. Esta relação se ajustou melhor a um modelo de crescimento não linear, em que o comprimento do pecíolo continua aumentando enquanto o comprimento do limbo tende a se estabilizar ou crescer em menor proporção, após atingir certo tamanho (figura 3.2) O número de folhas (figura 3.5) e o comprimento de seu limbo (figura 3.4) aumentaram à medida que aumentava o comprimento do caule da planta e, quanto maior o número de folhas na planta, maior tendeu a ser o comprimento do limbo foliar (figura 3.8) e do pecíolo. A relação entre o comprimento da lâmina foliar e o do caule mostrou ser muito importante, pois a proporção de indivíduos reprodutivos foi muito maior na presença de caule associada ao comprimento do limbo maior que 10cm (figura 3.6). Esta relação também se ajustou melhor a um modelo de crescimento não linear, em que o tamanho do caule continua aumentando e o crescimento do limbo tende a se estabilizar ou crescer em menor proporção após atingir certo tamanho (figura 3.6).

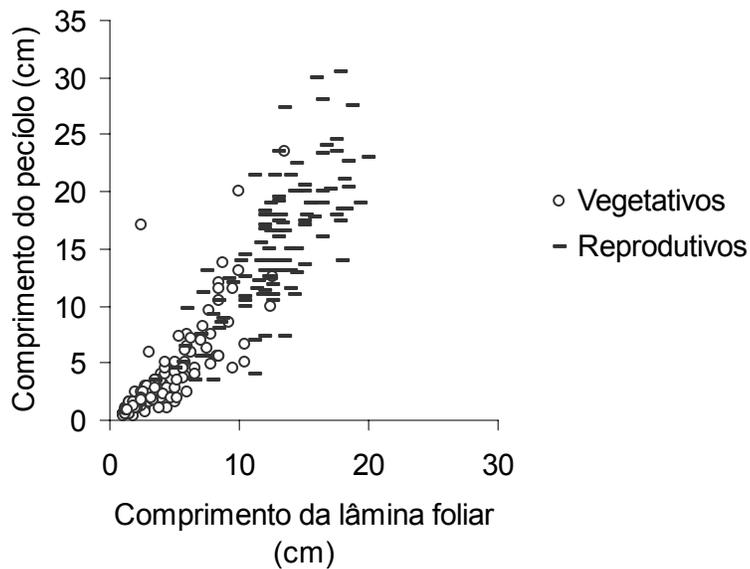


Figura 3.2: Relação entre o comprimento do pecíolo (CP) e da lâmina da maior folha (CLF) em indivíduos de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG (N=260, ano 1997, $CP = 0,467 CLF^{1,34}$ $r^2 = 0,90$; $p < 0,001$).

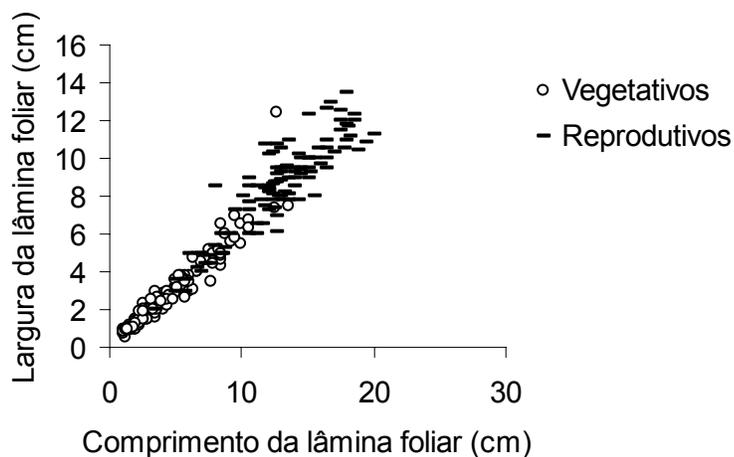


Figura 3.3: Relação entre a largura e o comprimento da lâmina da maior folha em indivíduos de uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. (Regressão linear, N= 260, ano 1997, $r^2 = 0,95$; $a = -0,0065$; $b = 0,65$; $p < 0,001$).

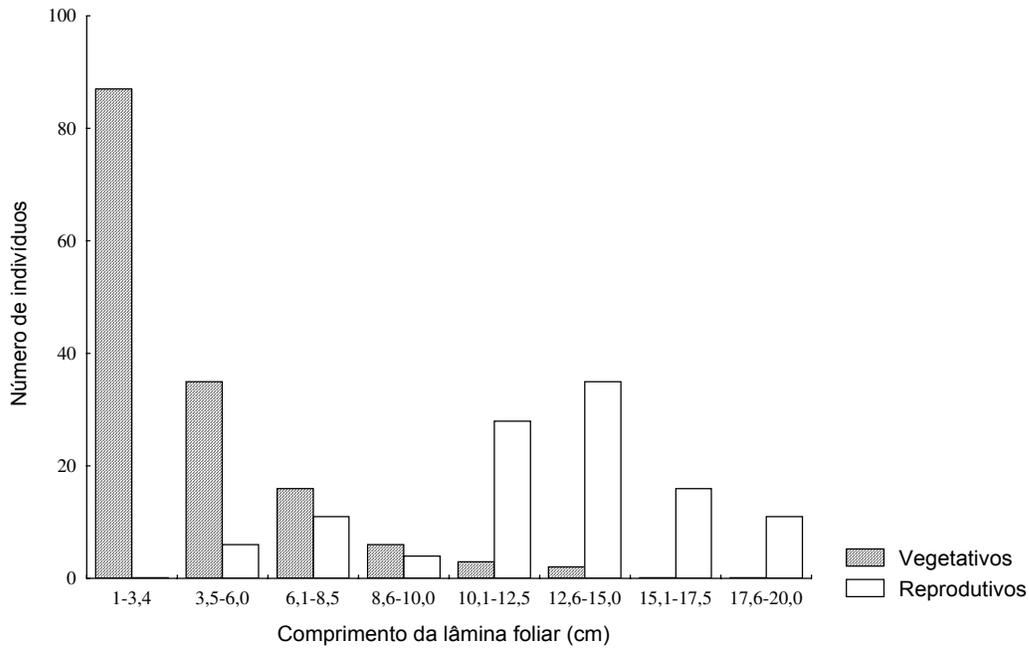


Figura 3.4: Distribuição do comprimento da lâmina foliar em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/15m²). Outubro/1997.

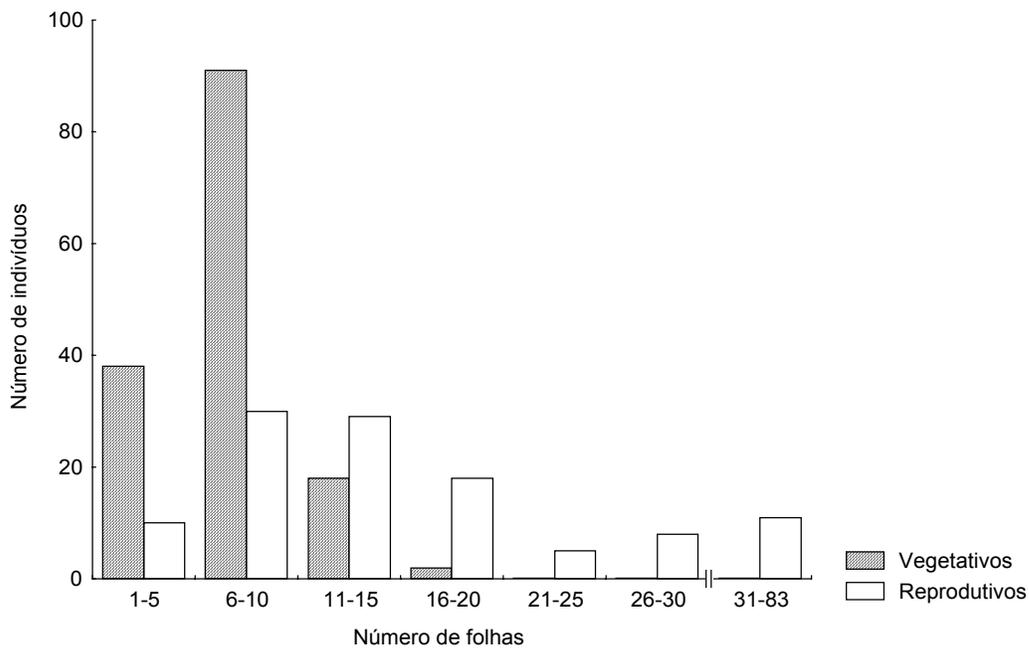


Figura 3.5: Distribuição do número de folhas em uma população de *Eriocnema fulva* (260 indivíduos/ 15m²). Outubro/1997.

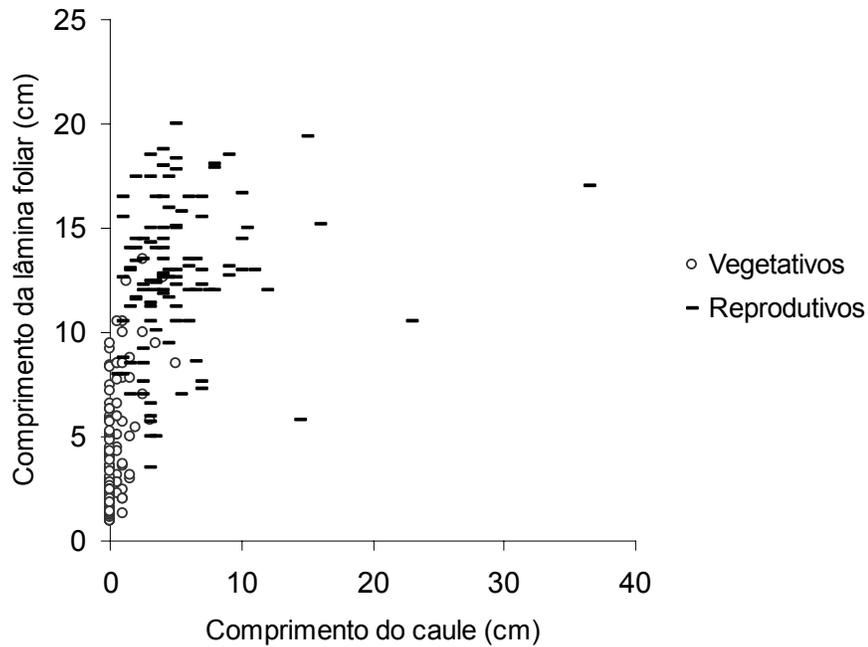


Figura 3.6: Relação entre comprimento da lâmina da maior folha (CLF) e o comprimento do caule (CC) de uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. (N= 260, ano 1997, $CLF = 6,449 CC^{0,397}$, $r^2 = 0,66$; $p < 0,001$).

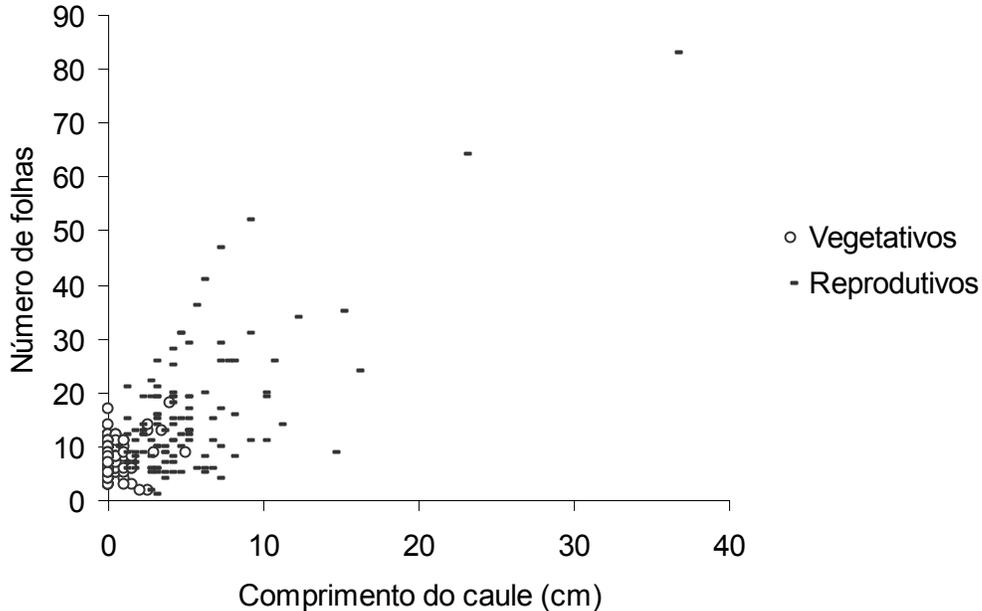


Figura 3.7: Relação número de folhas e comprimento do caule em uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. . (Regressão linear, N= 260, ano 1997, $r^2 = 0,55$; $a = 6,80$; $b = 1,80$; $p < 0,001$).

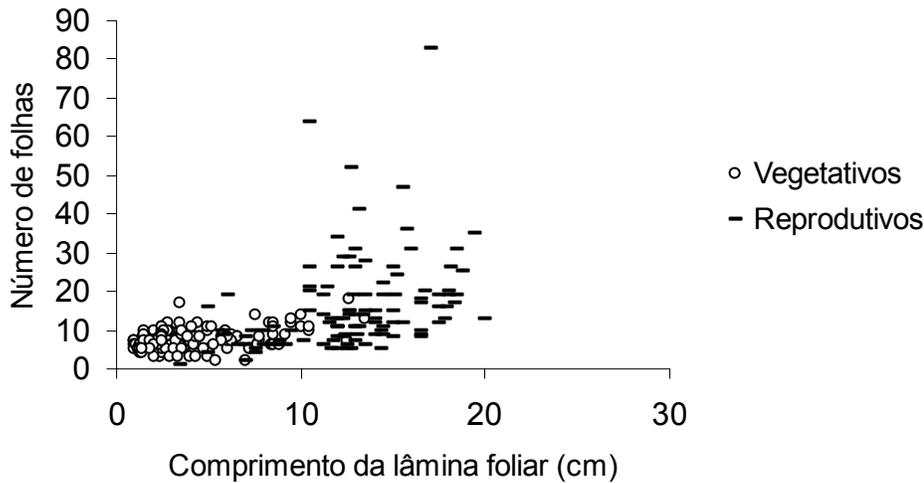


Figura 3.8: Relação entre o comprimento da lâmina da maior folha e o número de folhas em uma população de *Eriocnema fulva* na RPPN Mata do Jambreiro, Nova Lima MG. (Regressão linear, N= 260, ano 1997, $r^2= 0,29$; $a= 3,95$; $b= 0,93$; $p<0,001$).

DISCUSSÃO

O crescimento e a sobrevivência da folha.

O sucesso da conservação de plantas ameaçadas de extinção depende, dentre outras variáveis, do conhecimento da história de vida da espécie e da dinâmica de suas populações (Schemske *et al.* 1994). Algumas hipóteses tentam explicar o significado adaptativo da longevidade foliar. Essas hipóteses foram desenvolvidas em contextos ambientais específicos para explicar a existência de plantas de folhas decíduas e sempre-verdes (Chabot & Hicks 1982). Os padrões de produção de folhas em espécies sempre-verdes variam desde o fluxo quase contínuo em espécies pioneiras até o fluxo descontínuo em muitas espécies consideradas da fase madura das florestas tropicais (Coley 1983). O fluxo de folhas nos indivíduos reprodutivos de *E. fulva* foi contínuo no sentido de surgir uma folha de cada vez. Entretanto, este padrão deve ser confirmado por acompanhamento a longo tempo.

O acompanhamento da expansão da folha de *Eriocnema fulva* mostrou que, assim como já registrado para outras espécies do sub-bosque, o desenvolvimento é lento, quando comparado ao de folhas de espécies arbóreas do dossel da floresta tropical (Williams-Linera, 2000). Em geral, as espécies do sub-bosque tropical tendem a maior longevidade foliar que aquelas do dossel (Parkhurst & Loucks 1972, Reich *et al.* 1992). A mediana do tempo necessário para a expansão da folha de *Eriocnema fulva* foi superior a 13 meses. Considerando que a duração da expansão da folha esteja positivamente correlacionada com a longevidade foliar (Diemer 1998), a folha de *Eriocnema fulva* teria longevidade superior a dois anos, para compensar os custos de construção (Kikuzawa, 1995). Vários autores têm mostrado que folhas de espécies arbóreas e arbustivas do sub-bosque tropical têm longevidade de 1 a 5 anos (Coley *et al.* 1993, Mulkey *et al.* 1991, Bentley 1979, Freiberg & Freiberg 1999, Kursar & Coley 1999). Considerando o tempo de expansão registrado e que, mesmo após 26 meses, 28% das folhas sobreviventes ainda estavam crescendo, estima-se que a folha de *Eriocnema fulva* tenha longevidade superior a 3 anos.

Só foi possível detectar alterações significativas no tamanho das folhas após dois anos, embora não tivesse sido possível detectar mudanças no tamanho do caule nesse período. Esses resultados concordam com a hipótese de que a maior longevidade foliar tende a ser encontrada em plantas de crescimento lento (Crawley 1986, Reich *et al.* 1992). As folhas com comprimento do limbo foliar até 7 cm morreram em maior proporção que aquelas com limbo maior. Esta constatação gerou algumas perguntas: O tamanho é também importante para sobrevivência das folhas como é para sobrevivência de cada planta individualmente? Ou as folhas maiores teriam maior longevidade apenas para compensar os seus custos de construção? Seria interessante testar se os diferentes tamanhos de folhas do mesmo indivíduo possuem longevidades distintas. Folhas menores teriam longevidade menor?

Em relação ao caule, o tamanho da folha de *E. fulva* é grande e, à medida que aumenta o número de folhas, também aumentam o comprimento de todas as folhas de cada indivíduo e o tamanho da planta como um todo. Assim, a folha de *Eriocnema fulva* contribui para aumentar o tamanho da planta, provavelmente

aumentando a probabilidade de sobrevivência do indivíduo (Andrade *et al.* 2003b) e conseqüentemente da população. O aumento do tamanho é lento, sendo necessários dois anos para encontrar alterações significativas no formato e tamanho das plantas da população como um todo. *Eriocnema fulva* mostrou relação positiva entre fertilidade e tamanho (Andrade *et al.* 2003b). Supõe-se que o aumento do tamanho e do número de folhas também se relacione com a aptidão da planta, uma vez que plantas maiores geralmente têm maior fecundidade (Solbrig 1981, Silvertow & Lovett Doust 1993, Begon *et al.* 1996).

Thomas & Stoddart (in Chabot & Hicks 1980) argumentaram que o envelhecimento fisiológico e a longevidade foliar parecem ser uma parte da estratégia geral adaptativa das plantas. *Eriocnema fulva* é uma espécie do sub-bosque e a luz é fator limitante para espécies do sub-bosque em geral (Pearcy 1983, Chazdon & Fetcher 1984). Assim, é possível que folhas de tamanho grande e de longa duração sejam uma adaptação que contribua para a sobrevivência da espécie. Ou seja, o tamanho e a longevidade foliar compensariam os custos de construção da folha em um ambiente com limitações de luz, conforme a hipótese discutida por vários autores, de que a seleção natural favoreceria as folhas de maior longevidade em ambientes limitantes (Chabot & Hicks 1982, Kikuzawa 1991, Reich *et al.* 1992).

Crescimento da folha e sua relação com a estrutura da planta

Plantas das florestas tropicais apresentam variação na morfologia da folha e arquitetura da copa (Tuner *et al.* 2000, Valladares *et al.* 2002). Por exemplo, em espécies de Arecaceae, a maior parte do tamanho da planta é representada pelo caule e as espécies de dicotiledôneas do dossel das florestas tropicais também têm a maior proporção de tamanho vertical representada pelo tronco, sendo as folhas pequenas, quando comparadas ao tamanho do indivíduo como um todo. Em espécies do sub-bosque tropical, a variedade morfológica voltada à absorção eficiente da luz é grande, abrangendo espécies com diferentes padrões de filotaxia, categorias e tamanhos de folha, tipos de copa e arquitetura da planta (Valladares *et al.* 2002). Em *Eriocnema fulva*, o caule de maior comprimento mediu 36 cm e o

limbo da maior folha deste indivíduo foi de 17 cm, em um total de 83 folhas. Comparativamente, se esta planta fosse uma árvore com um tronco de 30 m de comprimento, teria 83 folhas e as maiores folhas possuiriam cerca de 14 m de comprimento. A folha e suas características, como a longevidade, o tamanho e a resistência, contribuem diretamente para a sobrevivência dos indivíduos de *Eriocnema fulva*, (Andrade *et al.* 2003b). O caule parece ser também importante, embora tenha crescimento lento e a maioria da população não tenha caule. A significância estatística de todas as relações entre as medidas de tamanho em *Eriocnema fulva* indica que a folha é um componente de grande importância para o tamanho da planta, especialmente quando a consideramos em conjunto com o comprimento do caule e do pecíolo, que parecem ser os maiores determinantes da arquitetura da planta.

Assim, se o tamanho e o número de folhas estão diretamente relacionados ao tamanho individual de *Eriocnema fulva*, então podem indicar a idade das plantas. Hanzawa & Kalisz (1993) observaram que, em *Trillium grandiflorum* (Liliaceae), o total da área foliar, o volume do rizoma e a idade da planta estavam positivamente correlacionados. Em *Eriocnema fulva*, o fluxo de folhas novas é contínuo e os limbos com comprimento menor que 7 cm levaram um tempo mediano de 6,50 meses para expandir. Então, pode se especular que um indivíduo adulto com 30 folhas teria no mínimo 195 meses ou seja 16,25 anos. Conforme apresentado nos resultados o acréscimo mediano anual de folhas por planta é igual a 0,50 então se pode estimar que um indivíduo adulto com 30 folhas teria cerca de 60 anos. Os indivíduos jovens com menor número de folhas teriam cerca de 10 anos e o indivíduo adulto com maior número de folhas (83) teria cerca de 166 anos. A idade estimada através do tempo de expansão da folha foi muito diferente da idade estimada através do acréscimo mediano anual de folhas. Para definir o melhor método para estimativa de idade é necessário fazer o acompanhamento da dinâmica foliar nas diferentes classes de tamanho. Esses números ultrapassam as estimativas de tempo de vida para plantas herbáceas perenes com a média de 28,3 anos em 40 espécies a partir de estudos de estrutura demográfica das populações (Ehrlén & Lehtilá 2002). Entretanto, esses dados são preliminares e estudos

posteriores da dinâmica foliar e populacional de *Eriocnema fulva* podem confirmar essas estimativas. O acréscimo mediano anual de 0,50 folha por planta é menor que a média de 3,17 folhas encontradas em espécies do sub-bosque tropical (Bentley 1979). Possivelmente, *Eriocnema fulva* tem desenvolvimento mais lento quando comparada a outras espécies do sub-bosque. Os estudos de dinâmica de plantas herbáceas do sub-bosque tropical são escassos e os poucos disponíveis (Mulkey *et al.* 1991, Sharpe 1993, Horvitz & Schemske 1995, Bruna & Kress 2002) não enfocam diretamente o desenvolvimento e o tempo de vida das folhas.

Geralmente as folhas do dossel que se encontram no topo da floresta são orientadas no sentido vertical e as que se encontram no sub-bosque são orientadas no sentido horizontal, maximizando a interceptação da luz dentro das limitações de sua posição (Crawley 1997). *Eriocnema fulva* ocorre em um ambiente especial no sub-bosque, pois cresce em paredões rochosos na beira do riacho. Suas folhas tendem a otimizar a exploração do espaço através de diferentes tamanhos e do alongamento diferenciado do pecíolo. As mudanças do crescimento do pecíolo na população como um todo, detectadas após dois anos, indicam a ocorrência de alterações lentas da arquitetura da planta em busca da luz, conforme descrito para espécies de Arecaceae (Kahn 1986; Carvalho *et al.* 1999). Nessas monocotiledôneas, após o desenvolvimento do limbo, o investimento energético é direcionado ao posicionamento da folha, de modo a melhor ocupar o espaço e aumentar a interceptação de luz para a fotossíntese (Kahn 1986; Carvalho *et al.* 1999). Possivelmente em *Eriocnema fulva*, o crescimento do pecíolo seria a melhor forma de exploração do ambiente luminoso heterogêneo do sub-bosque, e o melhor posicionamento da folha pode ser crítico para o crescimento e sobrevivência da planta.

Bibliografia

- AIDE, T. M. 1993. Patterns of leaf development and herbivory in a tropical understorey community. *Ecology* 74: 455-466.

- ANDRADE, P.M. (1993). *Estrutura do estrato herbáceo de trechos da Reserva Biológica Mata do Jambreiro, Nova Lima, MG*. Tese de Mestrado, Campinas, Instituto de Biologia, UNICAMP.
- ANDRADE, P.M., MARTINS, F. R., MARTINS, E. R. F. 2003a. Sistema de reprodução de *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae) na Mata do Jambreiro, Nova Lima, Minas Gerais. (não publicado).
- ANDRADE, P.M., MARTINS, F. R., SANTOS, F. A. M. 2003b. Estrutura de tamanho e fecundidade em uma população *Eriocnema fulva* Naudin (Melastomataceae). (não publicado).
- BECKER, P.; STUART, J. D.; MOKSIN, M.; HJ ISMAIL, M. Z. & SIMANJUNTAK, P. M. 1999. Leaf size distributions of understorey plants in mixed dipterocarp and heath forests of Brunei. *Journal of Tropical Ecology* 15: 123-128.
- BEGON, M., HARPER, J.L. & TOWNSEND, C.R. 1996. Ecology: individuals, populations and communities. 3 rd ed. Blackwell Science, Oxford.
- BENTLEY, B.L. 1979. Longevity of individual leaves in a tropical rainforest understory. *Annals of Botany* 43: 119-121.
- BRUNA, E.M. & KRESS, W.J. 2002. Habitat fragmentation and the demographic structure of an Amazonian understory herb (*Heliconia acuminata*). *Conservation Biology* 16(5): 1256-1266.
- CARVALHO, R.M.; MARTINS, F.R. & SANTOS, F.A M. 1999. Leaf ecology of pre-reproductive ontogenetic stages of the palm tree *Euterpe edulis* Mart. (Arecaceae). *Annals of Botany* 83; 225-233.
- CAVELIER, J.; MACHADO, J. L.; VALENCIA, D.; MONTOYA, J.; LAIGNELET, A. ; HURTADO, A.; VARELA, A. & MEIJA, C. 1992. Leaf demography and growth rates of *Espeletia barclayana* Cuatrec. (Compositae), a caulescent rosette in a Colombian Paramo. *Biotropica* 24: 52-63.
- CHAZDON, R.L. & FETCHER, N. 1984. Photosynthetic light environments in a lowland tropical forest in Costa Rica. *Journal of Ecology* 72: 553-564.
- CHABOT, B.F. & HICKS, D. J. 1982. The ecology of leaf life spans. *Annual Review of Ecology and Systematics* 13: 229-259.

- CLARK, D. B.; CLARK, D. A. & GRAYUM, M. H. 1992. Leaf demography of a neotropical rain forest cycad, *Zamia skinneri* (Zamiaceae). *American Journal of Botany* 79: 28-33.
- COLEY, P.D.; KURSAR, T.A. & MACHADO, J.L. 1993. Colonization of tropical rain Forest leaves by epiphylls: effects of site and host plant leaf lifetime. *Ecology* 74(2): 619-623.
- COSTA, C. S. B. & SEELIGER, U. 1988 a. Demografia de folhas de *Spartina ciliata* Brong. em dunas e brejos costeiros. *Revista Brasileira de Botânica* 11: 85-94.
- COSTA, C. S. B. & SEELIGER, U. 1988 b. Demografia de folhas de *Hydrocotyle bonariensis* Lam., uma planta rizomatoza perene nas dunas costeiras do Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 48: 443-451.
- COSTA, C. S. B. ; SEELIGER, U. & CORDAZZO, C. V. 1991. Leaf demography and decline of *Panicum racemosum* populations in coastal foredunes of southern Brasil. *Canadian Journal of Botany* 69: 1593- 1599.
- CRAWLEY, M.J. 1997. Life history and environment. In: Crawley, M.J. (ed.) *Plant ecology*, pp. 73-131. 2nd. Ed. Blackwell Scientific, Oxford .
- DIEMER, M. 1998. Life span and dynamics of leaves of herbaceous perennials in high-elevation environments: 'news from the elephant's leg'. *Functional Ecology* 12: 413-425.
- DOLPH, G. E. & DILCHER, D. L. 1980. Variation in leaf size with respect to climate in Costa Rica. *Biotropica* 12(2): 91-99.
- Ehrlén, J. & Lehtilä, K. 2002. How perennial are perennial plants? *Oikos* 98: 308-322.
- ESCUADERO, A. & DEL ARCO, J. M. 1987. Ecological significance of the phenology of leaf abscission. *Oikos* 49: 11-14.
- FREIBERG, L. & FREIBERG, M. 1999. Foliage growth rhythm and longevity of tree layer in the A-Brenes Biological Reserve, Costa Rica. *Revista de Biologia Tropical* 47(3) 339-349.
- GIVNISH, T. J. 1984. leaf and canopy adaptations in tropical forests. In: Medina EH, Mooney A, Vásques- yanes C, eds. *Physiological ecology of plants of the wet tropics*. New York: Dr. W. Junk publishers, 51-84.
- HANZAWA, F.M. & KALISZ. 1993. The relationship between age, size, and reproduction in *Trillium grandiflorum* (Liliaceae). *American Journal of Botany* 80(4): 405-410.

- HARPER, J. L. 1989. The value of a leaf. *Oecologia* 80: 53-58.
- HEGARTY E.E. 1990. Leaf life- span and leafing phenology of lianas and associated trees during rainforest succession. *Journal of Ecology* 78: 300-312.
- HORVITZ, C.C. & SCHEMSKE, D.W. 1995. Spatiotemporal variation in demographic transitions of a tropical understory herb: projection matrix analysis. *Ecological Monographs* 65(2): 155-192.
- JURIK, T. W. & CHABOT, B. F. 1986. Leaf dynamics and profitability in wild strawberries. *Oecologia* 69: 296-304.
- KAHN, F. 1986. Life forms of Amazonian palms in relation to forest structure and dynamics. *Biotropica* 18: 214-218.
- KIKUZAWA, K. 1995. The basis for variation in leaf longevity of plants. *Vegetatio* 121: 89-100.
- KITAJIMA, K.; MULKEY, S.S. & WRIGHT, S.J. 1997. Decline of photosynthetic capacity with leaf age in relation to leaf longevities for five tropical canopy tree species. *American Journal of Botany* 84 (5): 702-708.
- KOHYAMA, T. 1987. Significance of architecture and allometry in saplings. *Functional Ecology* 1: 399-404.
- KOHYAMA, T. & HOTTA, M. 1990. Significance of allometry in tropical saplings. *Functional Ecology* 4: 515-521.
- KURSAR, T.A. & COLEY, P.D. 1999. Contrasting modes of light acclimation in two species of the rainforest understory. *Oecologia* 121(4): 489-498.
- LOWMAN, M. D. 1992. Leaf growth dynamics and herbivory in five species of Australian rain-forest canopy trees. *Journal of Ecology* 80: 433-447.
- MULKEY, S.S.; SMITH, A.P. & WRIGHT, S.J. 1991. Comparative life history and physiology of two understory neotropical herbs. *Oecologia* 88: 263-273.
- MULKEY, S. S.; WRIGHT, S. J.; & SMITH, A. P. 1993. Comparative physiology and demography of three Neotropical forest shrubs: alternative shade-adaptive character syndromes. *Oecologia* 96: 526-536.
- PARKHURST, D.F. & LOUCKS, O.L. 1972. Optimal life size in relation to environment. *Journal of Ecology* 60(2):505-537.

- PEARCY, R.W. 1983. the light environment and growth of C3 and C4 tree species in the understory of a Hawaiian forest. *Oecologia* 58: 19-25.
- REICH, P.B.; UHL,C.; WALTERS,M.B. & ELLSWORTH, D.C. 1991. Leaf life- span as a determinant of the leaf structure and function among 23 amazonian tree species. *Oecologia* 86: 16-24.
- REICH, P.B.; WALTERS,M.B. & ELLSWORTH, D.C. 1992. Leaf life-span in the relation to leaf, plant and stand characteristics among diverse ecosystems. *Ecological Monographs* 62(3)365-392.
- RICHARDS, P. W. 1976. *The tropical rain forest: an ecological study*. Cambridge University Press, Cambridge.
- SANTOS, F. A. M. 2000. Growth and leaf demography of two *Cecropia* species. *Revista Brasileira de Botânica* 23(2): 133-141.
- SCHEMSKE,D.W.; HUSBAND, B.C.; RUCKELSHAUS`, M.H.; GOODWILLIE,C.; PARKER,I.M. 7 BISHOP, J.G. 1994. Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology* 75(3) 584-606.
- SILVERTOWN, J. W. & Lovett Doust, J. (1993). *Introduction to plant population ecology* (3rd ed.). Blackwell, Cambridge.
- SHARPE, J.M. 1993. Plant growth and demography of the Neotropical herbaceous fern *Danea wendlandii* (Marattiaceae) in a Costa Rica rain forest. *Biotropica* 25(1):85-94.
- SOLBRIG, O T. 1981. Studies on the population biology of the genus *Viola*. II. The effects of plant size on fitness in *Viola sororia*. *Evolution* 35: 1080-1093.
- SOKAL,R. R. & ROLHF, J. F. 1969. *Biometry*. San Francisco, W.H.Freeman and Company.
- STERK, F. J. & BONGERS, F. 1998. Ontogenetic changes in size, allometry and mechanical design of tropical rain forest trees. *American Journal of Botany* 85(2): 266-272.
- TELENIUS, A. 1993. The demography of the short-lived perennial halophyte *Spergularia maritima* in a sea-shore meadow in south-western Sweden. *Journal of Ecology* 81: 61-73.
- TUNER, I.M.; LUCAS, P.W.; BECKER,P.; WONG, S.C.; YONG,j.h.w.; CHOONG,M.F.; TYREE, M.T. 2000. Tree leaf form in Brunei: a heath forest and a mixed dipterocarp forest compared. *Biotropica* 32: 53-61.

- VALLADARES, F. SKILLMAN, J.B. & PEARCY, R.W. 2002. Convergence in light capture efficiencies among tropical forest understory plants with contrasting crown architectures: a case of morphological compensation. *Am. J. Botany* 89(8): 1275-1284.
- WALKER, L. R. & APLET, G. H. 1994. Growth and fertilization responses of Hawaiian tree ferns. *Biotropica* 26(4): 378-383.
- WILLIAMS-LINERA, G. 2000. Leaf demography and leaf traits of temperate deciduous and tropical evergreen broadleaved trees in a Mexican montane cloud forest. *Plant ecology* 149: 233-244.
- ZAR, H. 1984. *Biostatistical analysis*. 2nd edn. London: Prentice-Hall International Editions.

CONCLUSÕES

O sucesso para conservação de plantas ameaçadas de extinção depende do conhecimento da história de vida da espécie, da dinâmica de suas populações e de todos os fatores importantes para a sobrevivência da espécie. Como o objetivo geral desta dissertação foi levantar informações sobre a biologia de *E. fulva* visando contribuir para a sua conservação, procuramos agrupar a seguir os dados e conclusões que podem ser relevantes para este fim.

O estudo sobre o sistema de reprodução mostrou que *E. fulva* é autocompatível, mas requer obrigatoriamente vetor de pólen, devido à síndrome de polinização vibrátil, que coloca o sucesso reprodutivo da espécie como dependente da presença do polinizador. Estudos da biologia da polinização são necessários para esclarecer quais são estes polinizadores. Possivelmente, a autocompatibilidade contribui para aumentar as chances de dispersão e estabelecimento de novas populações da espécie. Cada novo indivíduo que se estabelece pode, a partir da autofertilização, gerar sementes que têm a possibilidade de alcançar um novo ambiente propício mais distante. A repetição desse processo ao longo do tempo pode ser o processo de ocupação dos paredões úmidos ao longo do rio. O número cromossômico encontrado em *E. fulva* ($n=17$) é uma nova informação, que poderá ajudar na melhor compreensão do grupo taxonômico e na eventual solução de problemas taxonômicos. Para compreender a mortalidade causada pelo ataque de fungos, seria interessante investigar se existe proximidade genética entre os indivíduos através do estudo da estrutura genética de várias populações de *E. fulva*. Apesar de o ambiente de ocorrência das populações observadas ser tão sombrio quanto o do sub-bosque da mata, as sementes são fotoblásticas positivas, indicando necessidade de luz para a germinação e estabelecimento das plantas.

As plantas ocorrem agrupadas de modo descontínuo no espaço, em paredões ao longo das margens de cursos de água, onde o ambiente é sombreado e úmido, com temperaturas amenas. *E. fulva* é uma espécie herbácea rosulada na fase jovem; na fase adulta, com o crescimento gradativo do caule, torna-se prostrada, apoiando-se sobre a rocha. A estrutura da população

apresentou grande proporção de indivíduos jovens mostrando que a população estava reproduzindo-se no local. Entretanto, não podemos dizer que a população estivesse crescendo ou que se encontrava estável, pois para isto são necessários estudos de longo prazo de dinâmica populacional. A análise baseada somente em tamanho dos indivíduos, como a que fizemos, pode fornecer apenas uma descrição momentânea e parcial dos padrões da população. O comprimento do caule foi a variável que apresentou a maior hierarquia de tamanho na população como um todo. O comprimento do caule, o comprimento da lâmina da maior folha e o número de folhas, em conjunto, são os melhores indicadores da fase de desenvolvimento da planta. Não foi possível estimar o tempo mínimo necessário para *E. fulva* reproduzir-se pela primeira vez, mas conjectura-se que seja maior que quatro anos. Atingir um tamanho mínimo é importante, mas após isso, a transição para o estágio reprodutivo possivelmente ocorra como consequência de condições ambientais favoráveis. À medida que o tamanho da planta aumenta, também aumentam suas chances de sobrevivência. A competição intra-específica, poderia contribuir para determinar a fertilidade, pois plantas maiores apresentaram maior fertilidade em menores densidades. O tamanho da planta é uma das variáveis relevantes a serem consideradas para análise de probabilidades de sobrevivência da espécie, pois uma população com indivíduos grandes produziria mais frutos, aumentando as chances de recrutamento.

O trabalho sobre crescimento foliar mostrou significância estatística de todas as relações entre a folha e as demais medidas de tamanho em *E. fulva* indicando que a folha é um componente de grande importância para o tamanho da planta. Considerando o tempo de expansão registrado e que, mesmo após 26 meses, 28% das folhas sobreviventes ainda estavam crescendo, estima-se que a folha de *E. fulva* tenha longevidade superior a 3 anos. Só foi possível detectar alterações significativas no tamanho das folhas após dois anos. Os indivíduos com menor número de folhas teriam cerca de 10 anos e o indivíduo adulto de maior tamanho e com maior número de folhas (83) teria cerca de 166 anos. Entretanto, esses dados são preliminares e estudos posteriores da dinâmica foliar e populacional de *E. fulva* podem confirmar essas estimativas. Possivelmente em *E.*

fulva, o crescimento do pecíolo seria a melhor forma de exploração do ambiente luminoso heterogêneo do sub-bosque, e o melhor posicionamento da folha pode ser crítico para o crescimento e sobrevivência da planta.

As considerações abordadas descrevem padrões gerais para apenas uma população de *E. fulva* estudada na RPPN Mata do Jambreiro a partir dos dados relativos à sua estrutura de tamanho ao longo do tempo. Nossos resultados constituem as primeiras informações sobre a estrutura de uma população dessa espécie ameaçada de extinção, mas é necessário que sejam complementados com estudos em longo prazo e de populações em outras áreas para entender as variações no espaço. Assim, será possível compreender os aspectos gerais aqui descritos e seu aprofundamento permitirá situar melhor a espécie dentro das várias abordagens da biologia de populações de plantas.

Para finalizar seguem mais algumas considerações que podem ser úteis para conservação da espécie, especialmente sob a ótica administrativa relativa a empreendimentos e Unidades de Conservação.

Para conservação da espécie, além da identificação do polinizador recomendamos o monitoramento da produção de frutos e da viabilidade de sementes duas vezes ao ano. Assim é possível saber como está a saúde do processo reprodutivo no local. Ao mesmo tempo procurar cultivar estas sementes com controle de luz e temperatura para estabelecer os procedimentos para conservação *ex situ*.

Considerando os dados para estrutura da população aconselhamos o estudo da dinâmica populacional de longo prazo para verificar tendências de aumento ou diminuição de número de indivíduos em cada local. Também é importante o monitoramento da saúde dos maiores indivíduos, a contagem periódica do número destes na população juntamente com a estimativa do número de frutos produzidos que é um bom indicador para verificar a constância na produção de sementes pelas plantas matrizes.

O crescimento foliar, também fornece informações para conservação da espécie mostrando a situação do local. O monitoramento das folhas novas é aconselhável, pois pode indicar a saúde da planta. Os indivíduos com maior caule e maior comprimento de limbo possuem maior probabilidade de sobrevivência. A

presença de indivíduos jovens com folhas pequenas indicam que o local tem condições propícias para estabelecimento da população.

A Área de Proteção Ambiental (APA) Cachoeira das Andorinhas, no município de Ouro Preto, tem locais com a presença de *E. fulva* e estes devem ser especialmente protegidos. A visitação por turistas deve ser restrita e monitorada. Os incêndios são frequentes na região, é necessário haver um programa para prevenção, pois o fogo altera o sombreamento, aumenta a luminosidade causando a morte da população.

Empreendimentos onde é necessário represamento dos cursos d'água, ou alterações na qualidade da água em locais com a presença de *E. fulva* comprometem a sobrevivência da espécie, não devem ser autorizados.

As Unidades de Conservação com a presença de *E. fulva* e *E. acaulis*, devem considerá-las no plano de manejo como indicador para o zoneamento, considerando o local como zona primitiva, ou área de uso restrito. A espécie *E. acaulis* ocorre Parque Estadual do Itacolomi e Estação Ecológica do Tripuí enquanto *E. fulva* ocorre na APA Cachoeira das Andorinhas e RPPN Mata do Jambreiro. Até o momento populações destas espécies não foram encontradas no mesmo local.

Os municípios de Itabirito, Sabará e Rio Acima são regiões onde possivelmente a espécie ainda ocorre. As bacias devem ser percorridas e a presença destas é um bom indicador para a criação de Unidades de Conservação.

Para RPPN Mata do Jambreiro recomendamos o monitoramento constante dos córregos. O saneamento das águas provenientes dos esgotos é fundamental, pois observamos que a espécie não resiste a mudanças na qualidade das águas, reduzindo drasticamente o número de indivíduos a partir das áreas onde não existe saneamento. O ecoturismo nos córregos da Reserva deve ser restrito e monitorado.

Estes são alguns dos itens a serem considerados, o prosseguimento dos estudos e as experiências na implantação destes mostrarão as formas mais práticas e adequadas para o manejo desta espécie frágil e de endemismo restrito no Estado de Minas Gerais.