



CAROLINE CAMBRAIA FURTADO CAMPOS

ECOLOGIA REPRODUTIVA DE
***Lychnophorapinaster* Mart. (ASTERACEAE)**

LAVRAS-MG

2014

CAROLINE CAMBRAIA FURTADO CAMPOS

**ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Lychnophorapinaster* Mart.
(ASTERACEAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, área de concentração em Ecologia e Conservação de Recursos em Paisagens Fragmentadas e Agrossistemas, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Eduardo van den Berg

LAVRAS - MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Campos, Caroline Cambraia Furtado.

Ecologia reprodutiva de *Lychnophora pinaster* Mart.
(ASTERACEAE)/ Caroline Cambraia Furtado Campos. – Lavras :
UFLA, 2014.

149 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Eduardo van den Berg.

Bibliografia.

1. Conservação ambiental. 2. Polinização. 3. Germinação. 4. Endemismo. 5.
Campo rupestre. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 583.55

CAROLINE CAMBRAIA FURTADO CAMPOS

**ECOLOGIA REPRODUTIVA DE *Lychnophorapinaster* Mart.
(ASTERACEAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Ecologia Aplicada, área de
concentração em Ecologia e Conservação de
Recursos em Paisagens Fragmentadas e
Agrossistemas, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em, 27 de fevereiro de 2014.

Dr. José Marcio Rocha Faria UFLA

Dra. Mariana Esteves Mansanares UFLA

Dr. Tadeu José de Abdeu Guerra UFLA

Dr. Eduardo van den Berg

Orientador

LAVRAS - MG

2014

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Eduardo van den Berg o aceite na orientação de doutorado bem como todo o auxílio, conhecimento e amizade proporcionada durante minha permanência na pós – graduação em Ecologia Aplicada da Universidade Federal de Lavras- MG.

À professora Mariana Esteves Mansanares minha gratidão pela transmissão de sua experiência profissional, de vida e pela grande amizade que foram determinantes para a construção desta tese.

Aos meus pais, por todo apoio e amor incondicional para que esta vitória fosse conseguida.

Aos meus Tios, Tias, e Avós por todo carinho e atenção proporcionado.

À Capes pela concessão da bolsa de estudos durante todo o período do mestrado. Ao programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada/UFLA. Aos professores do Setor de Ecologia/UFLA e Departamento de Engenharia Florestal/UFLA, em especial ao professor José Marcio Rocha Faria e Olivia Alvina Oliveira Tonetti pela grata convivência, ajuda e contribuições para finalização desta Tese.

Ao Tadeu Guerra por aceitar a participação na defesa de tese e sugestões.

Aos amigos de curso e do Laboratório de Ecologia Vegetal e de Sementes Florestais, Renato, Flávia, Vilany, Lucas, Gabriela, Evelyn, Charles, Hisaias, Juninho, Vítor, Lisiane, Felipe, Leopoldo, Eleonora, Daniel Quedes, Geovany, Bárbara, Natalin, Tati, Wilson sem os quais esta tese não seria completa.

À secretária Kelly por toda ajuda e amizade.

A amiga Aline Tirelle por todo companheirismo e pelos bons momentos vividos. E aos meus grandes amigos da vida que de maneira indireta propiciaram alegrias que influenciaram diretamente nesta etapa: Eugênio, Larissa, Felipe, Ivo, Marina Botelho, Paulo (Buda), Alana, Victor (Queijo), Saulo (Dino), Matheus Jaime, Gustavo (Japa), Guilherme (Salsa), João Paulo (Pinguim) Frederico (Barack), Matheus (klen), Bruno, Bruna e Marina Lopes, Mateus Rossi, Anderson (Feijão), Stephanie, (Phannie), André, Mario Henrique (Bola), Pedro (Tatu), Larissa (Zaza) e Stefano.

RESUMO

Com o maior conhecimento taxonômico do gênero *Lychnophora* surgem questões referentes à sua biologia reprodutiva e sua possível origem e evolução, assim como sua ecologia e manutenção de suas populações. Com o intuito de contribuir para a elucidação, mesmo que parcial, deste assunto, foi realizado o estudo da biologia reprodutiva e do processo germinativo da espécie *Lychnophora pinaster*. Em campo rupestre nos municípios de Itumirim-MG e Carrancas- MG, (duas áreas) acompanhamos 20 indivíduos entre julho de 2012 e dezembro de 2013, registrando as morfometrias florais, biologia floral e visitantes florais, bem como conduzindo experimentos relacionados ao sistema reprodutivo da espécie. O experimento referente a viabilidade e germinação das cipselas foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais do DCF- UFLA, Lavras- MG, sendo realizados testes de raio x, germinação e curva de embebição. *L. pinaster* apresenta flores agrupadas em capítulos de três a oito flores e estes reunidos em incapitulescências de aproximadamente 13-22 capítulos. A morfometria floral mostrou a presença de hercogamia, com diferenças nas alturas das estruturas reprodutivas. A antese inicia-se entre 10:00h e 12:00h, com poucas flores abrindo antes das 10:00h e depois das 13:00h, e as flores apresentam protandria. A floração ocorreu em dois períodos do ano, sendo uma no mês de julho, com poucas flores e a segunda de setembro a novembro, com uma floração bem mais intensa. Todos os tratamentos aplicados nos experimentos de polinização resultaram em grande proporção de aquênios sem semente. A espécie mostrou-se xenógama facultativa, formando frutos com semente por polinização cruzada, por autopolinização e por agamospermia, não ocorrendo diferenças significativas entre as três áreas analisadas. Registrei a visita de 20 espécies de insetos pertencentes a seis ordens. As abelhas *Bombus morioe* *Xylocopa frontalis*, (Apidae), são os polinizadores efetivos. Os capítulos de *L. pinaster*, se mostraram alvo de herbivoria. No teste de raio x, devido a grande quantidade de cipselas vazias foi necessário o uso do soprador e após isto foi obtido uma média de 42% de sementes cheias (com embrião formado). No teste de germinação observou-se que a área Morro Janela (A1) apresentou os maiores valores em relação ao número de sementes germinadas diferindo estatisticamente das demais áreas; valores similares foram encontrados ao analisar a formação de plântulas sendo que A1 também apresentou o maior número. As curvas de embebição mostraram uma fase I com duração média de 3 horas; na área Morro Janela nota-se a mudança da fase II para a III a partir de 272 horas de embebição; nas áreas de Carrancas as sementes atingiram a fase II a 322 e 346 horas.

Palavras-chave: Conservação.Polinização.Germinação.Endemismo. Campo Rupestre.

ABSTRACT

With the greater knowledge of taxonomic genus *Lychnophora* issues arise regarding their reproductive biology and its possible origin and evolution, as well as its ecology and maintenance of their populations. With the aim to contribute to the elucidation, even partial, of this subject, a study was carried out on the reproductive biology and the germination process of species *Lychnophora pinaster*. In rocky field in municipalities of Itumirim-MG and Carrancas- MG, (two areas) we are 20 individuals between July 2012 and December 2013, registering the was clearly distinguished employing morphometric procedures floral, floral biology and floral visitors, as well as conducting experiments related to the reproductive system of the species. The experiment on the viability and germination of cipselas was conducted in the Laboratory of Forest Seeds of DCF- UFLA, Lavras, MG, being carried out x-ray tests, germination and curve of imbibition. *L. pinaster* presents flowers grouped in chapters three to eight flowers and these gathered in incapitulescencias approximately 13-22 chapters. Floral morphometry showed the presence of herkogamy, with differences in the heights of reproductive structures. The anthesis begins between 10:00 and 12:00 h, with few flowers opening before 10:00 a.m. and after 13:00, and the flowers have protandry. Flowering occurred in two periods of the year, being one in the month of July, with few flowers and the second from September to November, with a flowering and more intense. All treatments applied in the experiments of pollination resulted in large number of achenes without seed. The species proved to be xenógama optional, forming fruits with seeds by cross-pollination, pollination and by agamospermy, not occurring significant differences between the three areas analyzed. I registered the visit of 20 species of insects belonging to six orders. The bees *Bombus morio* and *Xylocopa frontalis* (Apidae), are effective pollinators. The chapters of *L. pinaster*, if showed target of hervivoria. The test of radius x, due to the large amount of empty cipselas was necessary the use of blower and after this was obtained an average of 42% of full seeds (with embryo formed). The germination test it was observed that the area Morro Janela (A1) had the highest values in relation to the number of germinated seeds differed statistically from other areas; similar values were found when analyzing the formation of seedlings being that A1 also had the highest number. The curves of imbibition showed a phase I with an average duration of 3 hours; in

Morro Janela area note the change from phase II to III from 272 hours of imbibition; in the areas of Carrancas seeds reached the stage II 322 and 346 hours.

Keywords: Conservation. Pollination. Germination. Endemism. Rocky Field.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1	Mapa do Estado de Minas Gerais, mostrando a localização da região das Serras do Complexo da Bocaina (extraído de SIMÕES e KINOSHITA 2002).....	35
Figura 2	Posicionamento das anteras e altura do filete do estilete e região estigmática em <i>L. pinaster</i>	47
Figura 3	A- anteras ao nível do tubo da corola; pétalas paralelas e deiscência introrsa das anteras e presença de pólen no estilete; C e D- Morfometria da flor e inflorescência auxiliando o pouso dos visitantes e coleta de pólen.....	48
Figura 4	Variação na coloração de flores de <i>L. pinaster</i> , entre os estágios de antese e senescência em Carrancas- MG (Salto).....	51
Figura 5	Flores de <i>Lychnophora pinaster</i> com variação na coloração na área da Fazenda Água Limpa- Carrancas-MG.....	53
Figura 6	Sequência de abertura das flores e capítulos em <i>L. pinaster</i>	54
Figura 7	Flores de <i>L. pinaster</i> em pré-antese e antese.....	55
Figura 8	Apresentação do pólen e desenvolvimento do estilete (êmbolo) em <i>L. pinaster</i>	56
Figura 9	Afastamento dos ramos estigmáticos em <i>L. pinaster</i>	57
Figura 10	Flores de <i>L. pinaster</i> com ramos estigmáticos se afastando e iniciando a fase pistilada, com ramos estigmáticos recurvados e receptivos.....	58
Figura 11	Inflorescências de <i>L. pinaster</i> com cipselas com série interna de papus e inflorescências em dispersão.....	60
Figura 12	Abelha A- <i>Xyloca frontalis</i> e B- <i>Bombus moris</i> polinizando flores de <i>L. pinaster</i>	72
Figura 13	<i>Apis melifera</i> coletando pólen de <i>L. pinaster</i>	73
Figura 14	Mariposa visitando flores de <i>L. pinaster</i>	75
Figura 15	Inseto da família A- Pyrgomorphidae e B- Scarabeidae predando as peças florais de <i>L. pinaster</i>	77
ARTIGO 2		
Figura 1	Caracterização do estágio de coleta de cipselas de <i>Lychnophora pinaster</i> (arnica): capítulos com cipselas com e sem o papus interno, já em dispersão (A); cipselas com papus interno aderido (B); cipselas sem papus interno aderido (C).....	103
Figura 2	Radiografia de cipselas de <i>Lychnophora pinaster</i> (arnica): cipselas cheias (A); cipselas vazias (B).....	105
Figura 3	Sequência de abertura das flores e capítulos em <i>L. pinaster</i>	111
Figura 4	Inseto da família A- Pyrgomorphidae e B- Scarabeidae predando as peças florais de <i>L. pinaster</i> em Itumirim- MG (Morro Janela) e Carrancas- MG (Salto), respectivamente.....	113

Figura 5	Insetos predando brácteas e botões florais de <i>L. pinaster</i> em campo rupestre no município de Carrancas- MG (Água Limpa).....	114
Figura 6	Indivíduos de <i>L. pinaster</i> unidos por órgão subterrâneos a 5 cm do solo (A), e ao nível do solo (B e C), e a degeneração das raízes de ligação (B).....	116
Figura 7	Curva de embebição relacionada a espécie <i>Lychnophora pinaster</i> localizada na área de Morro Janela – Itumirim - MG.....	118
Figura 8	Curva de embebição relacionada a espécie <i>Lychnophora pinaster</i> localizada na área de Água Limpa – Carrancas - MG (A2). 50%.	118
Figura 9	Curva de embebição relacionada à espécie <i>Lychnophora pinaster</i> localizada na área do Salto – Carrancas - MG (A3).....	119
Figura 10	Teste de Germinação Morro Janela repetição 2, após 20 dias (A) e após 60 dias na B.O.D. à 25 °C e luz constante.....	123
Figura 11	Aspecto da semente, cipsela e pericarpo de <i>Lychnophora pinaster</i> (arnica).....	126

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1	Áreas estudadas, com seus respectivos, municípios, altitude média e coordenadas centrais.....	34
Tabela 2	Medidas florais que apresentaram variação significativa entre áreas nas flores em pré-antese de <i>Lychnophora pinaster</i>	41
Tabela 3	Medidas florais que não apresentaram variação entre as áreas nas flores em pré-antese de <i>Lychnophora pinaster</i>	42
Tabela 4	Medidas florais que apresentaram variação significativa entre áreas nas flores em antese com estigma fechado de <i>Lychnophora pinaster</i>	42
Tabela 5	Medidas florais que não apresentaram variação entre as áreas nas flores em antese com estigma fechado de <i>Lychnophora pinaster</i> .	43
Tabela 6	Medidas florais que apresentaram variação significativa entre as áreas nas flores em antese com estigma aberto de <i>Lychnophora pinaster</i>	44
Tabela 7	Medidas florais que não apresentaram variação entre as áreas nas flores em antese com estigma aberto de <i>Lychnophora pinaster</i> .	44
Tabela 8	Valores proporcionais referentes à formação de frutos com sementes, sem semente e abortados nos tratamentos de polinização.....	62
Tabela 9	Insetos visitantes de <i>L. pinaster</i> com suas respectivas ordens, tribo e família, classificação quanto ao comportamento na flor e as áreas em que foram observados.....	69
Tabela 10	Casacata de similaridade referente à presença de polinizadores e visitantes florais entre as três áreas estudadas.....	70

ARTIGO 2

Tabela 1	Dados referentes as áreas estudadas, altitude e coordenadas geográficas.....	102
Tabela 2	Resultados referentes às análises de raio-X em cipselas de <i>L. pinaster</i> utilizando antes e depois da passagem por soprador....	108
Tabela 3	Resultados de interações referentes à produção de cipselas vazias e cheias de <i>Lychnophora pinaster</i> entre as áreas analisadas e a variação dentro de cada área.....	109
Tabela 4	Valores comparativos de médias e porcentagem da germinação, formação de plântulas normais, cipselas vazias, mortas e cheias após o tempo de 60 dias.....	123

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO GERAL 13
2	OBJETIVOS 20
2.1	Objetivo geral..... 20
2.2	Objetivos específicos..... 20
3	HIPÓTESES 21
3.1	Hipóteses..... 21
REFERÊNCIAS 22	
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS 27	
ARTIGO 1 BIOLOGIA REPRODUTIVA E PARÂMETROS FLORAIS DE <i>Lychnophora pinaster</i> Mart. (ASTERACEAE) 28	
1	INTRODUÇÃO 31
2	MATERIAL E MÉTODOS 34
2.1	Área de Estudo..... 34
2.2	Amostragem..... 36
2.3	Análise dos dados..... 39
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES 41
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS 80
REFERÊNCIAS 82	
ARTIGO 2 QUALIDADE DE DIÁSPOROS DE <i>Lychnophora</i> <i>pinaster</i> MART. EM CAMPOS RUPESTRES DO CAMPO DAS VERTENTES- MG 97	
1	INTRODUÇÃO 100
2	MATERIAL E MÉTODO 102
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO 108
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS 128
REFERÊNCIAS 130	
CONSIDERAÇÕES GERAIS 141	

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

Muitas espécies da flora de Minas Gerais podem ser consideradas com alto risco de extinção, pelo número reduzido de indivíduos, pelo seu endemismo, por ser alvo de extrativismos predatórios ou por predominarem em ambientes ou locais muito vulneráveis à ação antrópica (FILGUIERAS e PEREIRA 1994).

Algumas espécies coletadas em campos rupestres de Minas Gerais são conhecidas apenas para uma localidade, enquanto outras são endêmicas a pequenas áreas, ficando confinadas a altitudes e substratos específicos. Além disso, as regiões montanhosas onde ocorrem os campos rupestres são descontínuas e, na maioria das vezes as espécies são representadas por populações disjuntas, levando à formação de barreiras geográficas, e consequentemente, ao surgimento de obstáculos para que ocorra o fluxo gênico entre estas populações. Estas condições ecológicas podem ser um dos fatores que explicam o elevado grau de endemismo e isolamentos observados nas espécies que ocupam este habitat (GIULIETTI e PIRANI 1988; SEMIR 1991; MANSANARESet al. 2007a, b). Segundo Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999), a riqueza, especialização da flora e o elevado número de espécies endêmicas dos campos rupestres tornam este tipo de vegetação prioritária para a conservação.

Costa et al. (1998) consideraram a Serra de Carrancas, componente do Complexo da Bocaina em Minas Gerais, de importância biológica muito elevada, propondo a criação de uma Unidade de Conservação devido ao alto número de espécies, ao alto endemismo presente e à existência de remanescentes significativos de vegetação nativa com alto grau de ameaça. No entanto, os campos e cerrados rupestres encontrados no Complexo da Bocaina têm sofrido grande pressão antrópica, principalmente no tocante à mineração, fogo, agricultura e pecuária (ALVES e KOLBEK 1994).

A espécie em estudo, *Lychnophora pinaster* Mart., ocorre na face norte da região do Complexo da Bocaina. Esta espécie é restrita a localidades de Minas Gerais, com ambientes xéricos, em particular aos Campos Rupestres, Campos Sujos e Campos Limpos de Altitudes das regiões de cerrado do Alto Rio Grande, em Minas Gerais (RODRIGUES e CARVALHO 2001).

O fato de muitas espécies endêmicas aos campos rupestres apresentarem uma distribuição restrita a pequenas áreas significa que elas são especialmente vulneráveis à extinção. Para que seja possível estabelecer estratégias para a conservação destas espécies é fundamental a investigação da ecologia populacional e dos processos reprodutivos ligados a sua perpetuação (ALVES e KOLBEK 1994).

Lychnophora pinaster pertence a uma das maiores famílias botânicas existentes, Asteraceae Martinov. (Compositae Giseke), e no Brasil ela representa 10% das espécies de plantas vasculares existentes, ocorrendo aproximadamente, 180 gêneros e 1900 espécies (Barroso et al. 1991; Pruski e Sancho 2004). Asteraceae está subdividida em 13 subfamílias e 42 tribos (FUNK et al. 2009). O gênero *Lychnophora* pertence a família Cichorioideae, a tribo Vernonieae e subtribo Lychnophorineae, conforme proposto por Martius (1822) e, desde então, tem sido revisada até os dias atuais por diversos autores (HABER 2008; FUNK et al. 2009).

Eminentemente endêmicas do Brasil, as espécies do gênero encontram-se somente no domínio fitogeográfico do Cerrado, especificamente nos complexos vegetacionais rupestres (acima de 900 m de altitude) de quartzito da Serra do Espinhaço, em Minas Gerais (representado pelas suas seis seções e 52 espécies, o equivalente a 76,5% do total de espécies do gênero), Chapada Diamantina, na Bahia (3 seções e 19 espécies, correspondendo a 28,0% do total de espécies do gênero) e no Maciço Goiano, em Goiás (2 seções e 5 espécies,

correspondendo a 7,3% do total de espécies do gênero), compondo-se de um microendemismo bastante pronunciado (SEMIR 1991).

No passado, Coile & Jones (1981) revisando o gênero *Lychnophora*, provavelmente devido ao uso somente de material herborizado e ao polimorfismo, sobreposição de caracteres e a grande semelhança entre *L. ericoides* Less. e *L. pinaster*, sinonimizaram *L. pinaster* juntamente com outros taxa em *L. ericoides*. De fato, *L. ericoides* é uma espécie muito próxima de *L. pinaster*. Às vezes, a separação entre elas é difícil e problemática. Ambas, principalmente *L. pinaster*, são bastante polimórficas em porte, diâmetro dos ramos, forma, comprimento e largura das folhas. Assim, variantes destas espécies podem sobrepor caracteres e serem confundidas entre si (SEMIR 1991). Porém, Semir (1991) em uma última revisão do gênero propôs a separação destas duas espécies, devido a diferenças no indumento das folhas e ramos, que posteriormente foram suportada por estudos realizados por Mansanares (2000) envolvendo hibridação *in situ*, com sonda de rDNA 4SS, que demonstrou grande diversidade nos resultados, com variação de quatro a dez sítios de hibridação entre as espécies de *Lychnophora* analisadas, sendo que *L. pinaster* apresentou 8 sítios e *L. ericoides* 6 sítios, corroborando desta forma a separação taxonômica destas duas espécies.

Com aspecto diverso, as características e formas dos representantes deste gênero parecem ser uma adaptação morfológica ao fogo e habitats xeromórficos, sendo, frequentemente, registradas *in situ*, espécies com caules bem lenhosos e suberosos, folhas coriáceas, imbricadas e raramente subcartaceae, com hábitos de arvoretas ou arbustos com alturas variáveis e, menos frequentemente, o hábito de subarbustos e, nunca, o hábito arbóreo (COYLE e JONES 1981; SEMIR 1991). Foram registradas, também, espécies com o porte equivalente ao de uma erva. Porém, como as mesmas apresentam-se

lenhosas, com xilopódio e são sempre perenes, Semir (1991) ressalta que o hábito herbáceo ou terófito nunca é observado.

Mesmo com estas diferenças entre os hábitos, as plântulas de *Lychnophora* parecem exibir em sua fase inicial um hábito semelhante ao bromelióide, com ausência dos ramos secundários e, basicamente, crescimento monopodial, ao passo que a inibição de sua gema apical parece ser determinada geneticamente. Tal evento acaba acarretando um tipo ou outro de forma de vida, apresentando, em sua morfologia geral, um aspecto candelabroforme semelhante ao de algumas espécies de coníferas, contendo um sistema radicular bastante superficial quando comparado com a parte aérea, com raiz pivotante pouco evidente ou reduzida e poucas raízes secundárias. Estas últimas são longas e, geralmente, paralelas à superfície, sendo, algo semelhante ao de algumas monocotiledôneas (SEMIR 1991).

O gênero *Lychnophora* apresenta uso medicinal documentado por Rodrigues e Carvalho (2001) no domínio do Cerrado na região do Alto Rio Grande, em Minas Gerais, e por Souza e Felfili (2006) no município de Alto Paraíso de Goiás. Dentre as principais espécies utilizadas e registradas pelos autores incluíam-se *Lychnophora pinaster* Mart. e *Lychnophora ericoides* Mart. (utilizadas como anti-inflamatório). Ambas as espécies são empregadas também no tratamento de reumatismo e muito conhecidas na medicina popular como “arnica” (SAÚDE et al. 1999).

Apesar deste relato sobre a importância medicinal dentro da família Asteraceae além da sua relevância nos sistemas agrícolas, devido a presença de inúmeras espécies invasoras, pouca atenção tem sido dada à biologia desta família, e muitos aspectos relacionados a reprodução e ecologia das espécies ainda são inexploradas (GROMBONE-GUARATINI et al. 2004).

A família Asteraceae possui adaptações para atração dos polinizadores e aumentado sucesso reprodutivo. Alguns autores sugerem que uma das suas

adaptações está relacionada à evolução de inflorescências especializadas e suas consequências para a biologia reprodutiva. Essa inflorescência se comporta como uma única flor, portanto o número de flores por capítulo é uma das características ecológicas mais relevantes, que além de aumentar a atração aos polinizadores, o capítulo maximiza o uso dos polinizadores na fecundação das flores e produção de sementes (MANI e SARAVANAN 1999; RAVEN et al. 2007).

Outra característica da família relevante na sua reprodução é a apresentação secundária do pólen (ASP), que está associada à protandria. Esta consiste da deiscência precoce das anteras, com a flor ainda em botão (flor em pré-antese), e liberação dos grãos de pólen no interior do tubo anteral. Os ramos dos estiletos, ainda justapostos, crescem e passam pelo tubo anteral, arrastando os grãos de pólen para o exterior da flor, expondo-os aos polinizadores, (HOWEL et al. 1993; YEO 1993). Nessa ocasião, a flor encontra-se na fase estaminada. Posteriormente, na fase pistilada, os ramos afastam-se e expõem as áreas estigmáticas (JONES 1976; GROMBONE-GUARATINI et al. 2004). Esta dicogamia, ou seja, separação temporal entre as fases estaminada e pistilada da flor pode gerar consequências reprodutivas positivas, visto que favorece a polinização cruzada (MANI e SARAVANAN 1999).

Há uma grande diversidade de estratégias reprodutivas em Asteraceae ligadas à redução da autopolinização, mas a auto-incompatibilidade é a mais frequente (REINARTZ e LES 1994; ROITMAN 1995; RICHARDS 1997). Aliada à deposição secundária de pólen no estilete, a ocorrência aparentemente frequente de mecanismos de auto-incompatibilidade homomórfica esporofítica (NETTANCOURT 1977, LANE 1996) faz com que a xenogamia seja predominante nesta família, no entanto, de fato, poucas espécies têm sido rigorosamente estudadas.

Também parece ser bastante comum a ocorrência de apomixia (ou agamospermia) na família. A apomixia consiste na produção de sementes sem que antes ocorra polinização (RICHARDS 1997). Em Asteraceae aparentemente ocorre apenas à apomixia gametofítica, sendo mais freqüente a diplosporia, quando há formação de saco embrionário a partir de célula arquesporial, e mais rara a aposporia, quando há formação de saco embrionário a partir de célula somática (NOGLER 1984; RICHARDS 1997).

Pesquisas sobre interações planta-polinizador têm sido norteadas por enfoques diversos, tais como a ecologia de comunidades e genética de populações, ajudando ainda a elucidar questões em vários campos, como sistemática e filogenia vegetal, biologia evolutiva e adaptação, ecologia de populações, biologia reprodutiva e biologia da conservação. Estas informações ainda podem ser utilizadas em estudos de regeneração de áreas degradadas, sobrevivência e manutenção de populações fragmentadas, manejo de populações naturais e conservação ambiental (KEVAN e BACKER 1983; SAZIMA e SAZIMA 1989; KAGEYAMA 1992; MARTINS et. al. 2008).

O sistema reprodutivo, assim como estudos de polinização, podem também servir como instrumento para elucidar os processos de co-evolução, onde o grau de adequação morfológica, fisiológica e comportamental observada entre planta e polinizador pode ser avaliado (PROCTOR et al. 1996). Nesse contexto, aspectos relacionados à morfologia floral e comportamento de visitação, bem como aqueles relativos à fisiologia e morfologia da flor, servem como parâmetros para mensurar o grau de relação entre espécies de plantas e seus visitantes florais, analisando quais dentre eles contribuem efetivamente para a reprodução da planta (FAEGRI e VAN DER PIJL 1979; PROCTOR et al. 1996; FIGUEIREDO e SAZIMA 2007).

Poucos estudos enfocam aspectos da reprodução do gênero *Lychnophora* e menos ainda referente à espécie *L. pinaster*. Silva (1994) realizou estudo sobre

aspectos de fenologia e propagação sexuada de *L. pinaster* Mart. no Município de Lavras, MG e constatou que esta é uma espécie perenefólia e segue uma estacionalidade climática para produção de folhas novas, durante a transição da estação chuvosa para a seca. A floração ocorreu após o brotamento, entre os meses de agosto a outubro, transição entre estações seca e chuvosa, e a frutificação iniciou-se no final de setembro, com dispersão entre dezembro e fevereiro, estação chuvosa. O mesmo estudo indica temperaturas entre 20-30°C para a obtenção de maior percentual de germinação de aquênios de arnica, resultados estes confirmados por Melo (2007) investigando o acondicionamento destas sementes.

Avelino (2005) investigou o sistema reprodutivo de *L. ericoides* e o descreve com sistema misto de reprodução, começando assim a elucidar aspectos referentes ao sistema de reprodução do gênero.

No entanto, devido a alta popularidade das arnicas, na cultura brasileira (FLAUSINO et al. 2000) devido ao seu uso medicinal, as mesmas vem sendo expostas ao extrativismo sem planejamento e esta ação pode representar risco a integridade das populações das espécies. Segundo SILVA (2005) as retiradas menos severas (até 50% da folhas) não levam o indivíduo a morte, porém prejudica a reprodução destes indivíduos no período seguinte a poda.

Dessa forma, os estudos ecológicos, reprodutivos e populacionais de espécies presentes nos campos rupestres são de suma importância para avaliar entender os processos ecológicos que governam a persistência das espécies nestes ambientes e estabelecer estratégias para a conservação tanto das espécies, em particular, como do ambiente, em geral (SILVA 2005; ANDRADE e HAY 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Contribuir para a elucidação da biologia reprodutiva e do processo germinativo da espécie *Lychnophora pinaster*.

2.2 Objetivos específicos

- Descrição da morfometria e da biologia floral da espécie *Lychnophora pinaster*;
- Descrição do sistema reprodutivo da espécie bem como seus polinizadores e visitantes florais;
- Avaliação da viabilidade e do comportamento germinativo da espécie;

3 HIPÓTESES

3.1 Hipóteses

Espera-se que a espécie *L. pinaster* apresente o mesmo padrão reprodutivo das espécies da família Asteraceae e suas cipselas apresentam baixa produção de embrião e germinabilidade. Diante disto têm-se as seguintes hipóteses:

- H1: A espécie estudada possui sistema reprodutivo auto-incompatível e pode apresentar apomixia, comum entre as Asteraceae;
- H2: Os principais polinizadores são as abelhas;
- H3: As cipselas apresentam baixa formação de embrião devido à escassez de recursos maternos em decorrência de muitas flores em único capítulo o que acarretaria em abortos de óvulos e sementes.
- H4: *Lychnophora pinaster* apresenta baixo potencial germinativo devido à presença de inúmeras sementes sem embrião e desuniformidade da floração.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. J. V.; KOLBEK, J. 1994. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (Campo Rupestre) Brazil. **Vegetation**, 113: 125-139.
- ANDRADE, B. S.; HAY, J. D. 2007. Estimation of aerial biomass of *Lychnophora ericoides* (Mart.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 50: 687-694.
- AVELINO, A. S. 2005. **Biologia reprodutiva de *Lychnophora ericoides* Mart. (Asteraceae: Vernoniae)**. Tese de Mestrado. Brasília, Universidade de Brasília
- BARROSO, G. M. 1991. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Vol. 3. Imprensa Universitária da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- BREMER, K. 1994. **Asteraceae: Cladistics and classification**. Timber Press, Portland.
- COILE, N.C. e JONES JR., S.B. 1981. *Lychnophora* (Compositae: Vernoniae), a endemic genus to the Brazilian planalto. **Brittonia**, 33: 528-542.
- COSTA, C. M. R., HERRMANN, G., MARTINS, C. S., LINS, L. V.; LAMAS, I. R. 1998. **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para sua conservação**. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, 94p.
- FAEGRI, K.; PIJL, L. VAN DER. 1979. **The principles of pollination ecology**. 3 ed. Oxford, Pergamon Press.
- FIGUEIREDO, R. A.; SAZIMA, M. 2007. Phenology and pollination biology of eight *Peperomia* species (Piperaceae) in semideciduous forests in southeastern Brazil. **Plant Biology**, 9(1): 136-141.

FILGUEIRAS, T. S.; PEREIRA, B. A. S. 1994. Flora. In: PINTO, M.N., org. **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. Brasília: Ed. UnB/SEMATEC, p.331-388.

FLAUSINO, D., SAKAMOTO H.T., PEREIRA A.M.S., LOPES N.P. 2000. Constituintes Químicos da Superfície Foliar de *Lychnophora ericoides*. In: Livro de Resumos da 23ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química; resumo 0111. Poços de Caldas – MG.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brasil. Acad. Brasil. **Ciências**, 39-69.

GROMBONE-GUARATINI, M. T.; SOLFERINI, V. N.; SEMIR, J. 2004. Reproductive biology in species of *Bidens L.* (Asteraceae). **Sci. agric.** (Piracicaba, Braz.) [online]. vol.61, n.2, pp. 185-189.

HABER, L. L. 2008. Caracterização da diversidade genética, via marcador microsatélite, e constituintes do óleo essencial de *Lychnophora pinaster* Mart. 151 f. Tese (Doutorado Agronomia/ Horticultura) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu. 2008.

HOWELL, G. J.; SLATER, A. T.; KNOX, R. B. 1993. Secondary pollen presentation in angiosperms and its biological significance. **Australian Journal of Botany**, 41:417-438.

JONES, S. B. 1976. Revisions of *Vernonia* (compositae) subsection paniculate, series unbeli torme of the Mexican Highlands. **Rhodora**, 78:108-206.

KAGEYAMA, P. Y. 1992. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP. **IPEF Série Técnica**, 8(25): 1-43, Piracicaba.

KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. 1983. Insects as flowers visitors and pollinators. **Annual Review of Entomology**, 28: 407-453.

LANE, M. A. 1996. Pollination biology of Compositae. **In Compositae: Biology and utilization** (P.D.S. Caligari & D.J.N. Hind, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.61-80.

MANI, M. S.; SARAVANAN, J. M. 1999. **Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. New Hampshire: Science Publishers, 166p.

MANSANARES, M. E.; FORNI-MARTINS, E. R.; SEMIR, J. 2007a. Cytotaxonomy of *Lychnophora* Mart. (Asteraceae: Vernonieae: Lychnophorinae). **Caryologia** (Firenze), 60: 21 – 28.

MANSANARES, M. E.; FORNI-MARTINS, E.R.; SEMIR, J. 2007b. Cytotaxomy of *Lychnophoriopsis* Schultz-Bip. and *Paralychnophora* MacLeish species (Asteraceae: Vernonieae: Lychnophorinae). **Botanical Journal of the Linnean Society**, 154: 109 – 114.

MARTINS, K.; SANTOS, J. D. DOS; GAIOTTO, F. A.; MORENO, M.A.; KAGEYAMA, P. Y. 2008. Estrutura genética populacional de *Copaifera langsdorffii* Desf. (Leguminosae - Caesalpinioideae) em fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema, SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, 31(1): 61-69.

MARTIUS, C. F. P. 1822. Novum plantarum genus *Lychnophora*. Denkschr. K. Bayer, **Bot. Ges. Regensb.**, 2: 148-159.

MELO, P. R. B.; OLIVEIRA, J. A.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; VIEIRA, A. R.; EVANGELISTA, J. R. E. 2007. Germinação de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.) armazenados em diferentes condições. **Ciência e Agrotecnologia**, 31, 1, 75-82.

NETTANCOURT, D. 1977. **Incompatibility in Angiosperms**. Springer-Verlag, Berlin.

NOGLER, G. A. 1984. Gametophytic Apomixis. **In Embryology of Angiosperms** (B.M. Johri, ed.). Springer-Verlag, Berlin, p.475-518.

OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN-FILHO, M. 1999. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito. **Cerne**, 5:51-64.

PROCTOR, M.; YEO, P.; LACK, A. 1996. **The natural history of pollination**. Harper Collins Publishers, London.

PRUSKI, J. F.; SANCHO, G. A. 2004. Asteraceae or Compositae. Pp. 33-38. In: N. SMITH, S. A. MORI, A. HENDERSON, D. W. STEVENSON; S. V. HEALD. **Flowering Plants of the Neotropics**. New York, Princeton University Press.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. 2007. **Biologia vegetal**. 7 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 830p.

REINARTZ, J. A.; LES, D. H. 1994. Bottleneck-induced dissolution of self-incompatibility and breeding system consequences in *Aster furcatus* (Asteraceae). **American Journal of Botany** 81(4): 446-455.

RICHARDS, A. J. 1997. **Plant breeding systems**. Chapman & Hall, Londres.
RODRIGUES, V. E. G; CARVALHO, D. A. de. 2001. **Plantas Medicinais no Domínio dos Cerrados**. Lavras: UFLA.

ROITMAN, G. G. 1995. Comportamento reprodutivo de *Grindelia chiloensis* (Asteraceae). **Darwiniana** 33: 21-26.

SAÚDE, D. A.; RASLAN, D. S.; CHIARI, E.; OLTRA, J. E.; BARRERO, A. F. Eremantholide C derivatives with trypanocidal activity. **In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIODIVERSITY**, 2, 1999, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: IUPAC, 1999. Versão eletrônica.

SAZIMA, I.; SAZIMA, M. Mamangavas e irapuás (Hymenoptera, Apoidea): visitas, interações e conseqüências para a polinização do maracujá (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Entomologia** 33: 109-118. 1989.

SEMIR, J. 1991. **Revisão Taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernonieae: Compositae)**. Tese de doutorado, Univ. Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, D. M. S. 2005. **Estrutura populacional, fenologia, crescimento e efeito de poda em *Lychnophora ericoides* Mart. (Compositae: Asteraceae)**. Tese de Doutorado. Brasília, Universidade de Brasília.

SILVA S. M. P. 1994. **Aspectos da fenologia e da reprodução sexuada da arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.) - Asteraceae**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras. Lavras - MG. 45p.

SOUZA, C. D.; FELFILI, J. M. 2006. Uso de plantas medicinais na região de Alto Paraíso de Goiás, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 20 (1): 135-142.

YEO, P.F. 1993. Secondary pollen presentation. **Plant Systematics and Evolution Supplement**, 6:1-268.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

**BIOLOGIA REPRODUTIVA E PARÂMETROS FLORAIS DE
Lychnophora pinaster Mart. (ASTERACEAE).**

Preparado de acordo com as normas da revista Acta Botânica Brasílica

RESUMO

No presente estudo abordamos a morfometria e biologia floral bem como o sistema reprodutivo de *Lychnophora pinaster* Mart., espécie arbustiva endêmica do Cerrado e de interesse medicinal. Em campo rupestre nos municípios de Itumirim-MG e Carrancas- MG, (duas áreas) acompanhamos 20 indivíduos entre julho de 2012 e dezembro de 2013, registrando as morfometrias florais, biologia floral e visitantes florais, bem como conduzindo experimentos relacionados ao sistema reprodutivo da espécie . *L. pinaster* apresenta flores agrupadas em capítulos de três a oito flores e estes reunidos em incapitulescências de aproximadamente 13-22 capítulos. A morfometria floral mostrou a presença de hercogamia, com diferenças nas alturas das estruturas reprodutivas. A antese inicia-se entre 10:00h e 12:00h, com poucas flores abrindo antes das 10:00h e depois das 13:00h, e as flores apresentam protandria. A floração ocorreu em dois períodos do ano, sendo uma no mês de julho, com poucas flores e a segunda de setembro a novembro, com uma floração bem mais intensa. Todos os tratamentos aplicados nos experimentos de polinização resultaram em grande proporção de aquênios sem semente. A espécie mostrou-se xenógama facultativa, formando frutos com semente por polinização cruzada, por autopolinização e por agamospermia, não ocorrendo diferenças significativas entre as três áreas analisadas. Registrou-se a visita de 20 espécies de insetos pertencentes a seis ordens. As abelhas *Bombus morio* e *Xylocopa frontalis*, duas espécies da família Apidae, são os polinizadores efetivos. Os capítulos de *L. pinaster*, se mostraram alvo de herbivoria.

Palavras chave: Morfometria floral. Polinização. Endemismo. Campo Rupestre. Arnica.

ABSTRACT

In this study we address the morphology and floral biology and reproductive system *Lychnophora pinaster* Mart., shrubby endemic species of the Cerrado and medicinal interest. In rocky fields in the municipalities of Itumirim - MG and Carrancas - MG, (two areas) followed 20 individuals between July 2012 and December 2013, recording the morphometric floral, floral biology and pollinators, as well as conducting experiments related to the reproductive system species. *L. pinaster* presents flowers grouped in chapters three to eight flowers and those gathered in capitulescências approximately 13-22 chapters. The floral morphology showed the presence of herkogamy with differences in the heights of the reproductive structures. Anthesis begins between 10:00 and 12:00, with few flowers opening before 10:00 and after 13:00, and the flowers have protandry. Flowering occurred in two periods of the year, one in July, with a few flowers and the second from September to November, with a much more intense flowering. All treatments resulted in pollination experiments on a large proportion of seedless achenes. The species proved to be optional xenogamous forming seed per fruit with cross-pollination, self-pollination and by agamospermy, were no statistically significant differences between the three areas analyzed. I recorded the visit of 20 species of insects belonging to six orders. The bees *Bombus morio* and *Xylocopa frontalis*, two species of the family Apidae are effective pollinators. The chapters of *L. pinaster*, proved hervivoria target.

Keywords: Floral morphometry.Pollination.Endemism.Rocky fields.Arnica.

1 INTRODUÇÃO

A família Asteraceae é constituída de ervas perene, subarbustos e arbustos, mas ocorrem também ervas anuais, lianas e árvores (MONDIN 2006). Devido a sua extraordinária diversidade em termos de adaptações, espécies da família Asteraceae podem ser encontradas nos mais diversos habitats e em variadas condições climáticas, desde regiões tropicais, subtropicais, temperadas até boreal. Entre os fatores importantes para seu sucesso biológico está a sua grande capacidade de dispersão devido à presença de sementes com papus plumosos, apêndices, estruturas de aderência, assim como também a presença marcante de metabólitos secundários relacionados à defesa contra herbivoria (VENABLE e LEVIN 1983).

O gênero *Lychnophora*, pertencente a esta família, contém 68 espécies nativas do Brasil, a maioria endêmica dos campos rupestres (SEMIR 1991). A espécie *Lychnophora pinaster* Mart., conhecida como “arnica-mineira” (SEMIR 1991), ocorre frequentemente e abundantemente nos campos sobre afloramentos de quartzitos de Minas Gerais, e é intensamente utilizada pelas populações humanas no tratamento de ferimentos, contusões ou hematomas, lesões causadas por picadas de insetos e dores reumáticas. A atividade farmacológica da espécie é comprovada e estão relacionadas à presença de esteróides, terpenos, lactonas e flavonóides (RUNGELER et al. 1999; SOUZA et al. 2003). Devido à sua eficácia, desde o século XVIII essa espécie tem sido coletada em abundância para estes fins, o que reduziu drasticamente as populações em Minas Gerais (CERQUEIRA et al. 1987).

Desta forma, a condição endêmica da espécie e o extrativismo coloca em risco a perpetuação das populações de *L. pinaster*. A redução da população propicia o aumento da endogamia, causando efeitos nocivos à sobrevivência e vigor da espécie (PARK e FOWLER, 1982; ELDRIDGE E GRIFFIN 1983). Este

fato levou ao COPAM (1997) a colocarem a espécie *L. pinaster* na categoria das plantas vulneráveis à extinção em Minas Gerais.

Silva (2005) e Andrade e Ray (2007) salientam que os estudos ecológicos, reprodutivos e populacionais de espécies presentes nos campos rupestres são de suma importância para entender os processos ecológicos que governam a persistência das espécies nestes ambientes e estabelecer estratégias para a conservação tanto das espécies, em particular, como do ambiente, em geral.

O conhecimento sobre o sistema de reprodução é particularmente importante em espécies endêmicas, principalmente as que se distribuem em pequenas populações. A medida que o tamanho das populações diminui, algumas espécies sofrem declínio em características relacionadas importantes a sua perpetuação, como a produção de frutos (MORGAN 1999) e germinabilidade (MENGES 1991), dependendo de fatores como sistema sexual, síndrome de dispersão e longevidade da espécie tratada (COSTIN et al. 2001). Em espécies polinizadas por animais, populações pequenas tendem a ser menos atraentes aos polinizadores que populações grandes, de forma que é provável que a limitação da produção de frutos acelere mais ainda a diminuição do tamanho da população. Em espécies endogâmicas obrigatórias, maior é o risco de diminuição da variabilidade genética de suas populações pelo aumento do grau de homozigose. Como estratégias evolutivas de se evitar tais efeitos negativos do aumento do número de homozigotos, diversas espécies apresentam estratégias para evitar a endogamia, como incompatibilidade ou protandria/protoginia (AGREN 1996).

Apesar da relevância dos estudos relacionados a biologia reprodutiva, muito pouco ainda se sabe sobre a história natural e aspectos ecológicos de *L. pinaster* (SEMIR 1991). O presente estudo traz contribuições inéditas sobre a

morfometria, biologia floral, sistema reprodutivo bem como dos visitantes florais desta espécie.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido no período de junho de 2012 à dezembro de 2013 em três áreas localizadas no Complexo da Bocaina (Tabela 1):

Tabela 1 Áreas estudadas, com seus respectivos, municípios, altitude média e coordenadas centrais.

Áreas Estudadas	Município	Altitude média (m)	Coordenadas Geográficas Centrais
Salto	Carrancas- MG	1200	21° 21' 28.7''S e 45° 51' 30.9'' W
Água Limpa	Carrancas- MG	1200	21° 27' 26.0''S e 44°35'50.3''W
Morro Janela	Itumirim- MG	1200	21°28'34''S e 44°37'13''W

O Complexo da Bocaina está localizado no Campo das Vertentes em Minas Gerais, atravessando os municípios de Lavras, Itumirim, Itutinga, Ingaí, Luminárias e Carrancas (figura 1). Segundo Simões e Kinoshita (2002), este domínio morfo-estrutural localiza-se na sequência de compartimentos planálticos da região do Alto Rio Grande no Sul de Minas Gerais e ou ainda, do chamado Campo das Vertentes, com a presença bem marcada de cristas monoclinais quartizíticas que truncam sistemas de relevo amorreados e colinosos em serras alongadas e teoricamente deformadas. Representa um conjunto de metassedimentos supracrustais proterozóicos depositados na margem passiva do cráton do São Francisco. Segundo Neto (2012), a condição

de superfície de cimeira na região e a considerável continuidade territorial das morfologias em questão definem um geoambiente destacadamente individualizado nas cristas quartizíticas, onde se formata uma paisagem litólica e revestida por Campos Rupestres altamente adaptados aos diaclasamentos presentes na rocha aflorante e escassez hídrica que se confina nestes compartimentos geomorfológicos.

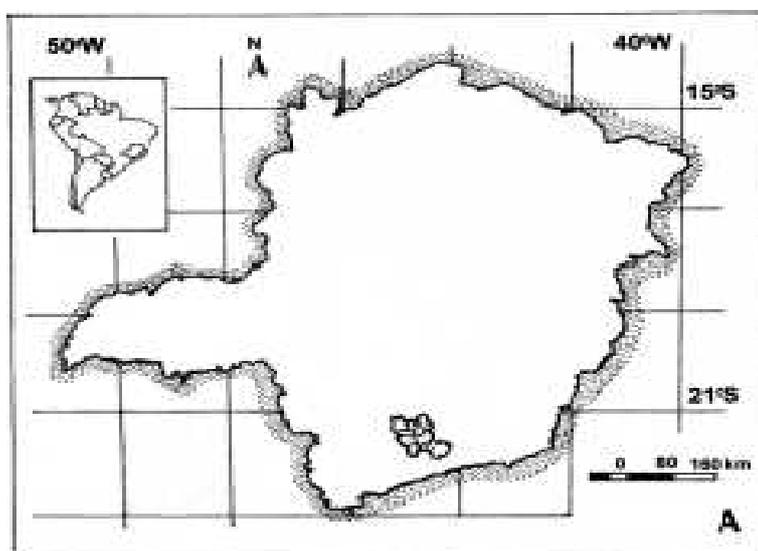


Figura 1 Mapa do Estado de Minas Gerais, mostrando a localização da região das Serras do Complexo da Bocaina (extraído de SIMÕES e KINOSHITA 2002).

O projeto RADAMBRASIL (1983) dimensiona o Planalto do Alto Rio Grande em aproximadamente 17.609 Km² de área, desde a extremidade Sul de Minas Gerais no contato com o Planalto do Itatiaia, até a região de São João Del Rei e Barbacena na passagem para a Bacia do São Francisco, apresentando apreciável diversidade morfológica e tectono-estrutural.

As altitudes nesta região concentram-se na faixa dos 800-1200 metros, alcançando até 1600 metros no alto das serras; as terras mais baixas se

encontram na faixa dos 500-800 metros. O clima segundo a classificação de Köppen é do tipo temperado mesotérmico, caracterizado por verões amenos e úmidos e invernos secos. A temperatura média anual é de 20°C, com máxima de 25°C e mínima de 10°C; a pluviosidade média anual é de 1400 mm, concentrando-se nos meses de novembro a fevereiro (EPAMIG 1982, SIMÕES e KINOSHITA 2002).

O presente estudo ocorreu em áreas de Campos Rupestre sobre quartzito que normalmente estão associadas ao Cerrado.

2.2 Amostragem

a- Morfometria Floral

Foram selecionados 30 indivíduos em cada uma das três populações, sendo coletados 10 capítulos compostos em pré-antese, 10 em antese, porém com o estigma fechado e 10 com a região estigmática exposta. Em cada sinflorescência foi determinado o número de capítulos presente e o número de flores em cada capítulo. Em seguida, foram selecionadas cinco flores por capítulo, totalizando 150 em cada área, sendo 50 em cada estádio. Foram tomadas as seguintes medidas morfométricas: (1) comprimento do papus interno; (2) comprimento do papus externo; (3) comprimento e largura do ovário; (4) comprimento do tubo da corola e das pétalas; (5) comprimento da antera; (6) altura do filete; (7) altura do estilete; (8) comprimento do ramo estigmático. As flores foram coletadas e fixadas em álcool 70° e suas medidas tomadas através de um Paquímetro Digital Mytutoyo.

b- Fenologia e Biologia Floral

Foram marcados e enumerados 10 indivíduos da espécie em cada população todos no mesmo estágio de desenvolvimento, ou seja, flores em pré antese. As flores foram avaliadas durante todo o processo floral. Nestes capítulos foram analisados: o horário de antese, seqüência de abertura dos capítulos, número de flores abertas por dia, o processo de ASP, a longevidade floral e suas fases sexuais: estaminada e pistilada.

A receptividade do estigma foi verificada em campo, pelo seu aspecto viscoso e úmido (ALMEIDA 1986) e testada utilizando peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 3% (KEARNS e YNOUYE 1993) com a observação da reação de oxidação utilizando-se uma lupa manual. Este fenômeno acontece devido à superfície estigmática de Asteraceae apresentar lipídios, carboidratos e proteínas e substâncias reativas ao oxigênio e peroxidases (MCINNIS et al 2006). O teste foi feito em botões e flores, em diferentes fases, desde a pré-antese até a senescência sendo a presença de catalase indicadora da receptividade.

A viabilidade dos grãos de pólen foi estimada através da confecção de lâminas contendo anteras maceradas e coradas com Carmim acético a 5% (DAFINI et al. 2005). A estimativa da viabilidade do pólen foi obtida através da coloração dos grãos de pólen em pré-antese e antese, sendo observada a coloração avermelhada quando viável e incolor ou não corado quando inviável. Foram selecionados cinco indivíduos e destes retirados cinco flores em cada estágio estudado e estocadas em etanol 70%, sendo contados 200 grãos por lâmina. A partir destes dados foram calculadas as porcentagens de grãos viáveis em relação ao número total de grãos contados (WERPACHOWSKI et al. 2004).

c- Sistema Reprodutivo

O sistema de reprodução da espécie foi investigado por meio de testes controlados. Os seguintes tratamentos foram realizados, segundo a metodologia

proposta por DAFINI et al. (2005): 1- Autopolinização espontânea – os capítulos foram ensacados até a frutificação ou queda das flores; 2- Autopolinização manual – os capítulos foram ensacados e, na ocasião da receptividade estigmática das flores, foi feita a polinização com os grãos de pólen recém-liberados de outras flores do mesmo indivíduo; 3- Agamospermia – os capítulos foram “decapitados” ou seja, foi eliminada, com um corte transversal, a corola, as anteras e os estigmas de todas as flores, utilizando-se lâmina de barbear; 4- Polinização natural – os capítulos foram marcados e deixados expostos à ação de polinizadores, para se verificar a produção natural dos frutos; 5- Polinização cruzada – dada a dificuldade em emasculas as flores de Asteraceae, os capítulos receberam, por ocasião da receptividade estigmática das linhas dos ramos do estigma, grãos de pólen adicionais de flores de indivíduos diferentes.

Todos os capítulos, exceto os de polinização natural, foram ensacados na pré-antese e, após os tratamentos, mantidos ensacados até a frutificação ou queda das flores. Os sacos foram confeccionados com tecido de failete, como uma trama fechada, que impede a entrada de grão de pólen em suspensão e o contato do polinizador com a inflorescência.

As porcentagens de frutos produzidos nos diversos tratamentos em cada uma das populações foram calculadas considerando o número total de flores nos capítulos. Para cada tratamento foram selecionados 10 indivíduos sendo isolados 10 botões florais em pré-antese em cada, exceto na natural onde não houve a retirada dos botões que não se encontravam neste estágio nos capítulos. Foi avaliado também o número de cipselas com ausência e presença de embrião, além das abortadas. A viabilidade das sementes foram realizadas através do uso de raio-x e abertura dos frutos com bisturi. Estes tratamentos foram realizados nas três áreas estudadas.

d- Visitantes e Polinizadores Florais

Foi feito o levantamento pelo método focal dos visitantes florais em 50 indivíduos nas populações estudadas. Visitantes e polinizadores foram coletados e observados quanto ao horário e atividade nas inflorescências ao longo do dia, das 7 às 17 horas, e ao longo da floração (cerca de 3 meses). Cada indivíduo coletado foi analisado para verificar o local de deposição do pólen em seus corpos, sendo posteriormente mortos e montados, seguindo critérios entomológicos conforme ALMEIDA et al. (1998). As identificações foram realizadas com auxílio de especialistas.

2.3 Análise dos dados

Para a morfometria floral e os tratamentos de polinização foi realizado um delineamento em blocos casualizados (DBC), devido a não homogeneidade das condições experimentais. Para a morfometria floral as análises foram realizadas para cada um dos três estádios avaliados, sendo os indivíduos tratados como repetições e as áreas como blocos. Para a polinização cada teste foi considerado um tratamento e cada área um bloco. Para cada tratamento foram avaliados os números de frutos com sementes viáveis, frutos sem sementes viáveis e frutos abortados.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e se constatada ausência de normalidade ($p > 0,05$) os mesmos foram transformados pelo arco seno da $\sqrt{x}/100$. Dados normais (ou normalizados) foram analisados através da análise de variância e, quando constatada diferença entre os tratamentos pelo teste F, foi realizado teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Dados não normalizados mesmo após a conversão foram analisados por meio de modelos lineares generalizados (GLM) e quando constatado diferença entre os tratamentos pelo teste Chisq realizou-se o teste de Nemenyi ao nível de 5% de probabilidade.

Estas análises foram realizadas utilizando o software R for Windows, versão Studio (R Development Core Team, 2013).

Foi realizada uma análise comparativa entre as áreas do presente estudo quanto à presença e ausência dos polinizadores e visitantes florais. Para a avaliação da similaridade de guilda de visitantes entre as áreas amostradas, foi feita uma análise qualitativa, através do índice de Bray-Curtis, onde se utilizou dados de presença e ausência de espécies sendo calculado no programa computacional Stimates S, versão 8.2 (COLWELL 2009). Os resultados foram gerados a partir de 500 randomizações de espécies e intervalos de confiança de 95%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Morfometria Floral

As análises referentes às medidas florais da espécie *Lychnophora pinaster* mostraram, para o estágio floral em pré-antese, que a área A1 foi diferente das demais estudadas, apresentando ovários mais largos, porém com menor comprimento, maior comprimento do tubo da corola bem como do filete, anteras e estilete (Tabela 2). As demais medidas mensuradas neste estágio não apresentaram variação estatística em termos de tamanho entre as três áreas analisadas (Tabela 3).

Tabela 2 Medidas florais que apresentaram variação significativa entre áreas nas flores em pré-antese de *Lychnophora pinaster*.

Estruturas Florais	A1		A2		A3		P	CV
	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp		
Largura do ovário	1.157 a	0.02	0.862 b	0.09	0.838 b	0.04	<0,0001	5.15
Comprimento do ovário	0.581 b	0.03	0.737 a	0.09	0.763 a	0.07	<0,0001	7.34
Comprimento do tubo da corola	2.409 a	0.11	1.949 b	0.05	1.813 b	0.22	<0,0001	7.36
Altura do filete	1.033 a	0.05	0.880 b	0.06	0.869 b	0.05	<0,0001	4.55
Comprimento das anteras	3.722 a	0.06	3.249 b	0.31	3.208 b	0.3	<0,0001	4.46
Altura do estilete	4.664 a	0.15	3.562 b	0.34	3.502 b	0.24	<0,0001	5.46

*CV- coeficiente de variação

*Sendo: A1- Carrancas- Água limpa; A2- Carrancas- Salto; A3- Itumirim- Morro Janela.

Tabela 3 Medidas florais que não apresentaram variação entre as áreas nas flores em pré-antese de *Lychnophora pinaster*.

Estruturas Florais	A1		A2		A3		P	CV
	Média (mm)	dp	Média (mm)	dp	Média (mm)	dp		
Comprimento do papus interno	5.442 a	0.13	5.241a	0.11	5.191a	0.31	0.056	4.31
Comprimento do papus externo	0.524 a	0.03	0.514a	0.02	0.616a	0.27	0.3338	29.77
Comprimento da pétala	3.426 a	0.1	3.392a	0.16	3.418a	0.14	0.7762	3.29
Comprimento do estigma	0.952 a	0.02	1.131a	0.73	0.880a	0.06	0.4582	45.81

*CV- coeficiente de variação.

*Sendo: A1- Carrancas- Água limpa; A2- Carrancas- Salto; A3- Itumirim- Morro Janela.

Em relação às medidas referentes às flores em antese, porém com o estigma fechado, a área A1 foi a que apresentou um maior comprimento de ovário e de pétala e menores medidas em relação à altura do estilete. As áreas A2 e A3 não apresentaram variação entre si em relação às medidas citadas. (Tabela 4). As demais medidas florais não apresentaram diferenças entre as áreas (Tabela 5).

Tabela 4 Medidas florais que apresentaram variação significativa entre áreas nas flores em antese com estigma fechado de *Lychnophora pinaster*.

Estruturas Florais	A1		A2		A3		P	CV
	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp		
Largura do ovário	0.896a	0.06	0.818b	0.08	0.697 c	0.05	3.75e-07	6.45
Comprimento da pétala	3.427 a	0.19	3.689b	0.2	3.688 b	0.24	0.00303	4.64
Altura do estilete	9.313a	0.91	10.29b	0.81	10.4b	0.54	0.00449	6.94

*CV- coeficiente de variação

*Sendo: A1- Carrancas- Água limpa; A2- Carrancas- Salto; A3- Itumirim- Morro Janela.

Tabela 5 Medidas florais que não apresentaram variação entre as áreas nas flores em antese com estigma fechado de *Lychnophora pinaster*.

Estruturas Florais	A1		A2		A3		P	CV
	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp		
Comprimento do papus externo	0.781a	0.3	0.659a	0.05	0.622a	0.04	0.163	27.06
Comprimento do papus interno	5.316a	0.53	5.775a	0.38	5.620a	0.18	0.099	8.19
Comprimento do ovário	1.653a	0.33	1.506a	0.14	1.542a	0.09	0.165	10.95
Comprimento do tubo da corola	4.877a	0.3	4.709a	0.42	4.697a	0.32	0.372	6.54
Altura do filete	1.627a	0.3	1.500a	0.05	1.534a	0.07	0.339	12.47
Comprimento da antera	3.735a	0.39	3.948a	0.35	3.870a	0.14	0.290	7.69
Comprimento do estigma	1.214a	0.06	1.253a	0.06	1.254a	0.12	0.555	7.36

*CV- coeficiente de variação

*Sendo: A1- Carrancas- Água limpa; A2- Carrancas- Salto; A3- Itumirim- Morro Janela.

Nas flores em antese com estigma aberto, as medidas do comprimento do papus interno e externo, o comprimento e largura do ovário, comprimento do tubo da corola e da pétala e altura do estilete se apresentaram maiores na área A1, sendo que as áreas A2 e A3 não apresentaram diferenças entre si em relação a estas medidas (Tabela 6) bem como as demais mensuradas (Tabela 7).

Tabela 6 Medidas florais que apresentaram variação significativa entre as áreas nas flores em antese com estigma aberto de *Lychnophora pinaster*.

Estruturas Florais	A1		A2		A3		P	CV
	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp	Médias (mm)	dp		
Comprimento do papus externo	0.701 a	0.14	0.582 b	0.07	0.578 b	0.04	0.005238	13.34
Comprimento do papus interno	6.071 a	0.45	5.497 b	0.24	5.466 b	0.15	0.00139	6.09
Comprimento do ovário	2.294 a	0.35	1.483 b	0.31	1.545 b	0.23	1.47E-03	14.44
Largura do ovário	0.960 a	0.06	0.838 b	0.06	0.820 b	0.05	4.26e-07	4.52
Comprimento do tubo da corola	5.674 a	0.49	4.545 b	0.22	4.749 b	0.18	1.42E-05	5.00
Comprimento da pétala	4.216 a	0.28	3.906 b	0.21	4.016 b	0.21	0.00191	4.08
Altura do estilete	12.81 a	1.82	10.65 b	0.82	10.6 b	0.9	0.000672	10.33

*CV-coeficiente de variação

*Sendo: A1- Carrancas- Água limpa; A2- Carrancas- Salto; A3- Itumirim- Morro Janela.

Tabela 7 Medidas florais que não apresentaram variação entre as áreas nas flores em antese com estigma aberto de *Lychnophora pinaster*.

Estruturas Florais	A1		A2		A3		P	CV
	Média (mm)	dp	Média (mm)	dp	Média (mm)	dp		
Altura do filete	1.409a	0.25	1.429a	0.08	1.386a	0.11	0.7755	9.49
Comprimento da antera	3.906a	0.3	3.980a	0.29	3.998a	0.22	0.724	6.80
Comprimento do estigma	1.318a	0.19	1.310a	0.08	1.329a	0.07	0.9533	10.56

*CV- coeficiente de variação

*Sendo: A1- Carrancas- Água limpa; A2- Carrancas- Salto; A3- Itumirim- Morro Janela.

Observa-se que a Área 1 referente a Carrancas-Água Limpa diferenciou-se das duas outras áreas em termos de morfometria para os três estágios mensurados. Estas diferenças podem ser devido à constituição do solo ou possíveis irregularidades meióticas presentes na área A1, pois Mansanares

(2000) cita a ocorrência deste tipo de irregularidade para algumas espécies do gênero *Lychnophora*.

Os coeficientes de variação mostraram-se elevados na maioria das avaliações, o que sugere que as populações estudadas apresentam alta variabilidade genética ou são plásticas. Segundo Arnold e Emms, 1998 a variabilidade genética é resultado da quantidade de locos e alelos envolvidos na expressão de um determinado caráter numa população da mesma espécie. A variabilidade genética surge como resultado da atuação de várias forças como a mutação, a recombinação e o fluxo gênico. As frequências alélicas podem ser alteradas pela seleção natural e pela deriva genética. Enquanto a mutação, a recombinação e a deriva genética são processos casuais e independentes com respeito à adaptação, a seleção natural é um processo adaptativo direcional de mudança evolutiva (BARNES et al., 1998). A presença de variabilidade genética dentro da espécie é que possibilita esta se adaptar às mudanças ambientais (ARNOLD e EMMS, 1998). Já a plasticidade fenotípica é a capacidade que alguns genótipos possuem de responder a alterações do meio ambiente em que se encontram, modificando a sua expressão fenotípica, mediante ajustamentos morfológicos e/ou fisiológicos (Schlichting 1986).

Entretanto, a variação apresentada nos padrões morfométricos das diversas variáveis avaliadas entre os três estágios de desenvolvimento da flor pode ser devido ao investimento diferenciado de recursos nas diversas fases ou à limitação espacial devido à espécie apresentar uma inflorescência na forma de capítulo composto.

Nos verticilos de proteção nota-se que há pouco desenvolvimento do comprimento do papus interno e externo, da pétala e do tubo da corola após a sua antese (Tabela 2-5). Contudo, as estruturas reprodutivas, principalmente o comprimento das anteras, altura do estilete e comprimento do estigma tem um aumento no terceiro estágio avaliado (Tabela 6 e 7).

O fato dos verticilos de proteção não se diferenciarem significativamente nas três fases pode ser devido ao investimento de recurso pela planta nestas estruturas durante o período de sua formação tendo somente a posteriori a sua exposição com pequeno acréscimo em seu desenvolvimento. Dessa forma, após a formação e desenvolvimento destas estruturas de proteção é que se nota um investimento maior por parte da espécie nos verticilos reprodutivos o que coincide com a fase de antese da flor, juntamente ao movimento de êmbolo que ocorre na família Asteraceae, onde sua maior elevação ocorre na fase de abertura estigmática. Este fato descrito pode representar um trade-off reprodutivo, onde ocorre uma limitação de recursos investidos nas estruturas de proteção durante a fase de maior desenvolvimento das estruturas reprodutivas.

O comprimento dos filetes apresentou-se com alturas inferiores ao do estilete (Tabela 4-7 e Figura 2), evidenciando um distanciamento entre as estruturas femininas e masculinas de reprodução, o que provavelmente está relacionado a uma estratégia de evitar a autofecundação, sendo este arranjo espacial chamado de hercogamia (WEBB e LLOYD 1986; BARRETT 1998).



Figura 2 Posicionamento das anteras e altura do filete do estilete e região estigmática em *L. pinaster*.

Nota-se que os estames se apresentam em altura semelhante a da corola (Tabela 5, 6 e 7 e Figura 3A) o que pode facilitar o contato do polinizador ou visitante floral com esta região, uma vez que as pétalas se apresentam paralelas ao receptáculo floral e serviria assim com uma plataforma de pouso para estes visitantes, auxiliados pela estrutura da sinflorescência, facilitando a coleta do grão de pólen. Atrelado a este fato tem-se a deiscência das anteras de forma longitudinal e introrsa, o que permite a presença do pólen em toda a superfície da antera bem como na região do estilete, devido ao desenvolvimento do êmbolo durante a deiscência, propiciando desta forma o contato do polinizador ao grão de pólen e sua aderência a diversas partes da superfície corporal do mesmo (Figura 3A, B, C).



Figura 3A- anteras ao nível do tubo da corola; pétalas paralelas e deiscência introsa das anteras e presença de pólen no estilete; C e D- Morfometria da flor e inflorescência auxiliando o pouso dos visitantes e coleta de pólen.

As medidas citadas demonstram que as estruturas florais de *L. pinaster* são diminutas e comportariam apenas polinizadores e visitantes florais de pequeno porte. No entanto, essas pequenas flores estão arranjadas em densas inflorescências, que funcionam como unidades coletivas e acabam por atrair e suportar visitantes de tamanho pequeno a médio porte (BARBOSA E SAZIMA 2008). Em um estudo realizado por Barbosa e Sazima (2008) com diversas plantas que compõe o cerrado, as flores das espécies (11 spp.) de Asteraceae

foram consideradas dentre as de menor tamanho compondo a fitofisionomia, variando na faixa de 5.0 a 15 mm de comprimento. Estes mesmos autores observaram a presença de visitantes de porte pequeno a médio para as espécies desta família, como abelhas de grande a pequeno porte, borboletas, vespas e besouros, os quais estariam sendo favorecidos pela forma da flor e estrutura da sinflorescência.

Fenologia e Biologia Floral

Lychnophora pinaster apresentou sua floração em dois períodos ao longo do ano, sendo uma mais extensa entre os meses de setembro a novembro e uma relativamente curta no mês de julho com a presença de poucos botões florais. Este padrão de floração, que ocorreu nos dois anos de observação (2012 e 2013), é classificado como sazonal (RIBEIRO e WALTER 1998; LUQUE et. al 2001) e para esta espécie ocorreu durante a transição da estação seca para a chuvosa. A floração teve início aproximadamente duas semanas após o aparecimento dos primeiros botões florais.

Provavelmente a ocorrência de duas épocas de florações para a espécie em estudo seja uma estratégia para lidar com imprevisibilidades climáticas, como ausência de chuvas, distribuindo as sementes ao longo de um maior período do ano. Foi observado que o período da primeira floração nos dois anos, coincidiu com um mês de chuva esporádica.

Silva (1994) em estudo sobre a fenologia de *L. pinaster* também descreve dois períodos de floração sendo estes semelhantes ao encontrado no presente estudo. Almeida *et al.* (1998) e Avelino (2005), observaram para *L. ericoides* a possível ocorrência de dois períodos de floração perceptíveis a cada ano, porém entre os meses de julho a outubro e de janeiro a meados de março.

O impulso para a floração ocorreu após as primeiras chuvas e o início do aumento de temperatura e, segundo Morellato et al. (1989), estas características da estação transicional (setembro-outubro) seriam um estímulo para a antese e também para a brotação.

Estudos fenológicos têm indicado diferenças básicas entre o comportamento do estrato herbáceo, arbustivo e arbóreo de formações vegetacionais (SARMIENTO 1983; JUSTINIANO E FREDERICKSEN 2000). Plantas herbáceas parecem ter suas fases fenológicas ligadas à estação chuvosa enquanto que arbustivas e arbóreas são mais independentes das estações e muitas florescem na estação seca (SARMIENTO 1983; JUSTINIANO E FREDERICKSEN 2000). No entanto, *L. pinaster* apresentou um comportamento diferente ao citado por estes autores, pois esta espécie apresenta porte arbustivo com floração sazonal, ocorrendo da estação seca para a chuvosa.

A ocorrência de floração na estação seca e de transição para a chuvosa possui certas vantagens como a maior presença de insetos polinizadores, ausência de chuvas pesadas que danificam as flores e diluam seu néctar (JANZEN 1967) e a maturação de frutos ainda na presença de chuvas. Este mesmo autor destaca que o florescimento e frutificação em uma estação determinada são benéficos tanto para espécie como para o polinizador, pois uma fonte grande e concentrada de recurso alimentar para atrair e manter mais polinizadores favorece mais a polinização do que uma fonte dispersa.

O pico de floração de *L. pinaster* foi de aproximadamente de 8 semanas ocorrendo na segunda quinzena de setembro a primeira quinzena de novembro. Segundo Primack (1985), as inflorescências de Asteraceae possuem uma longevidade maior que as flores individuais (em torno de sete a treze dias, dependendo do habitat). Para *L. pinaster* a senescência das flores ocorre logo após o fim da receptividade onde a coloração da flor passa de lilás a roséa

finalizando em sua totalidade bege. Esta fase pode durar até 5 dias, quando pode ocorrer a total desconexão das peças florais do receptáculo (Figura 4).



Figura 4 Variação na coloração de flores de *L. pinaster*, entre os estágios de antese e senescência em Carrancas- MG (Salto).

Segundo Dobkin (1984), a longevidade da flor está relacionada à necessidade fisiológica de restringir a perda de água e ao padrão de visita do polinizador com implicações para o nível de polinização cruzada, uma vez que o número de flores abertas na planta em determinado dia pode afetar sua atividade.

A intensidade de floração apresentou larga variação individual, já que plantas com muitas incipitulescências tanto podem florescer a uma taxa de 3 flores por dia como podem abrir mais de 30 flores de diferentes inflorescências em uma só manhã. Dessa forma, apesar de plantas individuais poderem florescer com forte intensidade por um breve período, as populações avaliadas apresentaram um padrão de floração de acordo com a classificação de Gentry (1974) do tipo “cornucópia”. Este padrão fenológico é caracterizado por

produção de flores por várias semanas, propiciando a atração de ampla gama de visitantes florais.

Gentry (1974) salienta ainda que florações do tipo “cornucópia” podem atrair polinizadores do tipo “trapliners” durante as semanas que florescem. Estes visitantes após a localização de cada planta as visitam diariamente, como rotas traçadas. Desta forma, a assincronia de floração entre os indivíduos atrairia os polinizadores a um número maior de plantas, propiciando uma maior taxa de polinização cruzada.

Nas áreas em estudo, os indivíduos de *L. pinaster* se apresentaram como arbustivo ericóides de pequeno porte e mais raramente arbustos mais altos candelabrifformes. As inflorescências são glomérulos simples folhosos onde estes são campanulados a cilíndrico com 13 a 21 capítulos contendo de 3 a 8 flores cada, sendo estas lilazes a púrpuras, com corola tubular e lacínios glabros, glanduloso e odor doce e forte. Os capítulos se encontravam ladeados por brácteas involucrais em quatro a cinco séries com as exteriores triangulares a subovais, as interiores mais lanceoladas a oval. Estas características florais relatadas são semelhantes ao descrito por Semir (1991) para a espécie *L. pinaster*.

Na população localizada em Carrancas na fazenda Água Limpa (A1) foi observada uma variação de coloração das flores. Foram observadas flores brancas, lilases a púrpura, e anteras roxas (Figura 5). Os indivíduos com flores brancas eram poucos e distribuídos entre os indivíduos com coloração lilases a púrpuras. Este é o primeiro relato de coloração branca para esta espécie. Este fato pode ser simplesmente uma variação morfológica, como registrada para outras espécies do gênero como *L. joliana*, ou ser decorrente de outro fator, como por exemplo, alterações cromossômicas como citada por Mansanares (2000, 2004) para *L. rupestres* e *L. vilosissima*.



Figura 5 Flores de *Lychnophora pinaster* com variação na coloração na área da Fazenda Água Limpa- Carrancas-MG.

As flores nas três áreas analisadas eram hermafroditas perfeitas e protandricas, com o androceu formado por cinco estames de filetes epipétalos e as anteras sinânteras, introrsas e de coloração roxa. O carpelo apresentou um ovário ínfero, com estilete composto de ramos na forma triangular e com tricomas coletores. Segundo Lelis (2008) estes triomas exercem importante papel no processo de apresentação do pólen aos polinizadores. As faixas estigmáticas foram localizadas na parte interna e ventral dos ramos. As cipselas são obcônicas a oval cilíndrica, sendo de coloração castanha, às vezes com manchas atropurpúras. Os frutos apresentavam papus externo com forma quadrática e uma série interna com 10 a 15 páleas.

A sequência de abertura das flores nos capítulos primários ocorreu da periferia para o centro da incapitulescência (basipétala), embora muitos indivíduos não apresentassem uma sequência clara de abertura dos capítulos (Figura 6). A iniciação, ontogenia e subsequente antese do capítulo secundário (incapitulescência) foram homólogas ao capítulo primário apresentando

sequência basípétala (Figura 6). Esta sequência de abertura ocorre para outras espécies de Astareaceae como citado por Harris (1994,1999) e Werpachowski et al. (2004).



Figura 6 Sequência de abertura das flores e capítulos em *L. pinaster*.

Na grande maioria dos capítulos a antese se iniciou entre 10:00 h da manhã e 12:00 h, tendo poucas flores abrindo antes das 10:00 h e depois da 13:00 h. Somente em dias nublados foi possível observar uma antese no período vespertino até as 14:00 h. A antese ocorreu com desprendimento dos lobos da corola da base até a porção apical, evidenciando as anteras, que já se encontravam maduras. As pétalas inicialmente apresentavam coloração lilás, variando até magenta, as anteras possuíam coloração roxa e os filetes eram alvos (Figura 7). Após uma hora decorrente à antese floral, inicia-se a fase estaminada com a deiscência das anteras de forma introrsa, sendo o pólen liberado no tubo formado pelas anteras (Figura 7).



Figura 7 Flores de *L. pinaster* em pré-antese e antese.

Durante o período de exposição do pólen e todo o desenvolvimento da flor foi verificado um intenso odor doce sendo liberado pelas flores e por substâncias semelhantes à resina que cobre os capítulos internos, que estaria atuando na atração do polinizador. A importância dos odores no processo de polinização, no que diz respeito a atração de polinizador, tem sido inclusive considerada como o meio mais primitivo de atração, portanto antecedendo a cor, no aspecto evolutivo (van der PIJL 1960; PELLMYR E THIEN 1986). Robacker et. al (1988) salientam que a liberação de odor funciona como um mecanismo de comunicação da flor com o polinizador indicando o horário em que o recurso floral está disponível, sendo diferenciado nas flores mais velhas. Isto funcionaria como um meio de evitar visitas desnecessárias o que seria benéfico para ambos.

O alongamento do estilete ocorreu logo após a deiscência das anteras, fazendo com que o pólen liberado introrsamente no tubo fosse exposto na medida em que os ramos estigmáticos, ainda fechados, trespassassem as anteras (apresentação secundária do grão de pólen- ASP) (Figura 8), desta forma os grãos-de-pólen se apresentaram aderidos ao estilete e a parte externa dos ramos estigmáticos. Na fase inicial, não houve contato entre o pólen e estigma em uma mesma flor, visto que a região estigmática ficava encerrada pelos ramos estigmáticos fechados.



Figura 8 Apresentação do pólen e desenvolvimento do estilete (êmbolo) em *L. pinaster*.

A apresentação secundária do pólen, descrita em *L. pinaster*, é universal em Asteraceae e está associada à protandria (JONES 1976; NORONHA e GOTTSBERGER 1980; SAZIMA e MACHADO 1983; HOWELL et al. 1993; YEO 1993; LANE 1996; MANY e SARAVANAN 1999; CERANA 2004; EITERER 2005; WIST 2005; GODINHO 2007), a deiscência das anteras antes da abertura dos ramos e do crescimento do estilete.

Em *L. pinaster* a liberação do pólen ocorreu de forma diferente do que ocorre em *Mutisiacoccinea* (SAZIMA e MACHADO 1983), que é do tipo cilindro-pistão (FAEGRI e van der PIJL 1979). Este mecanismo é acionado pelo polinizador durante a visita à flor, que recebe o pólen em pequenas doses. Em *L. pinaster* o pólen foi abundante, de coloração esbranquiçada e com viabilidade média de 80%.

Após o alongamento do estilete, cerca de duas horas ao início da antese começou o afastamento dos ramos na porção apical (Figura 9).



Figura 9 Afastamento dos ramos estigmáticos em *L. pinaster*.

Os ramos continuaram a se separar encurvando para fora e expondo a região estigmática receptiva, que é formada por uma linha na região central dos ramos estigmáticos (Figura 10). A receptividade estigmática foi verificada quando os ramos estigmáticos encontravam-se totalmente recurvados, cerca de quatro horas após o início da antese, o que caracterizou a fase pistilada. Durante esta fase foi possível observar o início da mudança na coloração das pétalas, as quais se tornaram mais claras, diminuição no odor exalado pelas flores, a retração dos filetes que ficaram totalmente encurvados, além de resíduos de pólen nos tricomas do ramo (Figura 10). Tal estrutura dificultou o contato do pólen com os estigmas da flor, e pode ser caracterizada como parte da hercogamia encontrada na espécie.

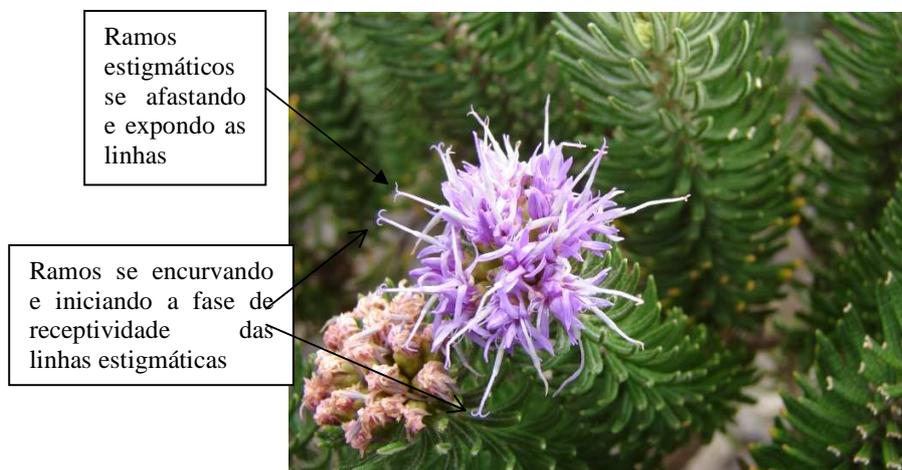


Figura 10 Flores de *L. pinaster* com ramos estigmáticos se afastando e iniciando a fase pistilada, com ramos estigmáticos recurvados e receptivos.

Em *L. ericoides* foi verificado por Avelino (2005) uma sequência e duração das fases semelhantes ao de *L. pinaster*. Entretanto, em alguns gêneros de Asteraceae como *Helianthus* e *Bidens*, por exemplo, é conhecida a maturação de anteras e apresentação de pólen durante o dia e maturação e consequente receptividade apenas na manhã do dia seguinte (LOBELLO et al. 2000; LELIS 2008).

A transição da fase estaminada para a pistilada e as designações para tais fases tem sido assunto controverso, pois grãos de pólen residuais podem permanecer nas flores durante a fase pistilada (LELIS 2008). Para Mani e Saravan (1999) existe uma fase transicional entre a fase estaminada e pistilada, a qual é caracterizada pela permanência dos grãos de pólen totalmente expostos, pelos ramos do estilete, desde que anteceda a exposição das linhas estigmáticas, e pela retração das anteras.

A duração da fase estaminada em *L. pinaster* que ocorreu no fim da manhã e início da tarde coincidiu com a maior abundância de visitação de

polinizadores que permaneceram até a fase pistilada, onde pode ser percebida a presença de pólen em seus corpos.

A frutificação ocorreu no final de setembro e início de outubro, sendo referente à floração de julho e nos meses de novembro a janeiro relacionado à floração de setembro a novembro. Desta forma, a presença de frutos de períodos anteriores ainda presos às plantas ao início do aparecimento de botões florais e flores indica a ocorrência de sobreposição das fenofases e que após a maturação, a dispersão pode ocorrer de forma lenta (AVELINO 2005). A maturidade das cipselas ocorreu a partir de janeiro (estação chuvosa), visualizada através da ausência do pappus interno, que é caduco nas espécies do gênero *Lychnophora* e a separação do fruto do receptáculo floral, marcando assim o processo de dispersão (Figura 11). A produção de sementes por *Lychnophora pinaster* foi alta, porém a viabilidade é baixa como demonstra os estudos realizados por Melo et al. (2009) e Campos et al. (2014). Foi observada a dispersão dos diásporos por meio da barocoria. Devido à altura em que as inflorescências se encontram dispostas no indivíduo e a constituição seca dos frutos, dificilmente ocorre a remoção destes por animais. No entanto, como os frutos se soltam da região do carpopódio, caso algum animal encoste-se à planta os mesmos podem vir a cair ao solo ocorrendo assim a sua dispersão. Philipp et al. (2004) descrevem a existência de pilhas de cipselas abaixo dos indivíduos de diversas Asteraceae, o que justifica o processo de dispersão associado aos animais acima descrito.



Figura 11 Inflorescências de *L. pinaster* com cipselas com série interna de papus e inflorescências em dispersão.

Desta forma, observou-se que os principais fatores reguladores da sincronização das fenofases de *L. pinaster* com determinada estação, foi à sazonalidade climática e seus constituintes, bem como o período de atividade de seus principais polinizadores. Estas observações estão de acordo com Silva (1994) e Oliveira (1998) que salientam que a sazonalidade climática é um dos fatores que regulam as fenofases florais em plantas. Outros fatores que podem ter influenciado este período de floração seria a existência de condições adequadas, como a presença de chuvas para posterior germinação de suas sementes e para o estabelecimento das plântulas.

Sistema de Reprodução

As análises referentes ao sistema reprodutivo de *L. pinaster* se encontram na tabela 8. Não ocorreu diferença significativa entre as três áreas estudadas em relação à formação de frutos com sementes (F: 1.79; P: 0.17), sem

sementes (F: 1.79; P: 0.17) e abortados (F: 0.01; P: 0.98) nos cinco tratamentos realizados. A maior frutificação com formação de sementes foi obtida nos tratamentos naturais e de polinização cruzada, o que demonstra um sistema de reprodução auto-incompatível e, portanto necessita de vetores de pólen para a frutificação. No entanto, ocorreu formação de frutos com sementes nos tratamentos de autopolinização manual, espontânea e agamospermia o que indica a possibilidade de ocorrência mesmo que em menor proporção de autopolinização e formação de sementes sem que ocorra a fecundação. Esta forma de sistema misto pode ter contribuído para maior produção de frutos viáveis na polinização natural.

[Digite texto]

Tabela 8 Valores proporcionais referentes à formação de frutos com sementes, sem semente e abortados nos tratamentos de polinização.

Tratamentos	N	dp	AE	dp	AM	dp	PC	dp	AG	dp	P	CV
Frutos com sementes	0.51 a	0.08	0.23 c	0.16	0.15 c	0.12	0.38 b	0.13	0.17 c	0.11	2.00E-16	42.15
Frutos sem sementes	0.39d	0.06	0.59 ab	0.19	0.65 a	0.15	0.54bc	0.12	0.44cd	0.13	1.43E-08	26.44
Não formou frutos	0.07 c	0.05	0.17 bc	0.22	0.19 b	0.14	0.07 c	0.11	0.38 a	0.18	7.51E-10	85.57

*CV- coeficiente variação

*Sendo: N: natural; AE: autopolinização espontânea; AM: autopolinização manual; PC: polinização cruzada; AG: agamospermia.

Avelino (2005) encontrou para *L. ericoides* um sistema misto de reprodução, onde a maior porcentagem de frutos foi obtida no tratamento de autopolinização espontânea (53%), seguido de polinização cruzada (43%). No entanto, o autor sugere que estes valores encontrados podem ser devido à forma de manuseio das flores.

Segundo Imrie e Knowles (1971); Reinartz e Les (1994); Young et al (2000) a ocorrência de alguns indivíduos auto-compatíveis dentro populações que apresentam auto-incompatibilidade predominante é relativamente frequente e tem sido observado em espécies de Asteraceae como *Carthamus flavescens* Spreng. (BRAUNER e GOTTLIEB 1987), *Leptorrhynchoides rutidosis* F. Muell (YOUNG et al., 2000) e *Senecio squalidus* L. (BRENNAN et al.2002). Segundo Levin (1996), em espécies que apresentam um sistema misto de reprodução, porém com uma frequência baixa de autocompatibilidade, a seleção tende a agir favorecendo a manutenção da auto-incompatibilidade. No entanto, flores de espécies auto-incompatíveis podem recorrer à autopolinização, quando as condições se tornam desfavoráveis para o cruzamento (STEBBINS 1957). Ruiz e Arroyo (1978) descrevem a autopolinização como associada com estágios iniciais de sucessão e a comunidades expostas a estresse ambiental, o que limita a eficácia de polinização. Já Bawa (1974), relata que a reprodução dependente de polinização cruzada relaciona-se a comunidades estáveis, de indivíduos longevos, onde variabilidade genética seria favorecida em uma paisagem evolutiva propícia a coevolução com predadores e competidores, como é o caso de *L. pinaster*, distribuída apenas nos campos rupestres de Minas Gerais.

Desta forma a presença de eventuais sementes originadas de autopolinização permite possivelmente a espécie colonizar novas áreas sem depender exclusivamente de polinizadores para a formação de sementes viáveis, o que permitiria o crescimento gradual da população.

Uma revisão recente da distribuição filogenética dentro de Asteraceae estima que 63% das espécies apresentam sistemas auto-incompatíveis. A predominância deste sistema sugere ser este o sistema ancestral dentro da família, embora o apoio filogenético para esta suposição seja inconclusiva até o presente momento (FERRER e GOOD- AVILA 2007). Charlesworth (1985) relata a presença de 40 gêneros de Asteraceae apresentando este tipo de sistema reprodutivo. Segundo Oliveira (1991), de 22 espécies presentes em sua área de estudo, 14% eram autocompatíveis ou de reprodução apomítica. O cerrado aparentemente apresenta clara dominância de espécies xenógamas obrigatórias, sugerindo que agamospermia e autocompatibilidade aparenta ser restrita a poucas espécies deste bioma (OLIVEIRA 1991, OLIVEIRA E GIBBS 2000).

A auto-incompatibilidade geralmente ocorre e pode ser mantida em espécies que são perenes, possuem alta produção de sementes ou sementes dormentes, devido a menor necessidade de simultaneidade na chegada dos propágulos (PANNELL e BARRETT 1998). Estas características foram observadas em *L. pinaster* o que suporta o resultado de auto-incompatibilidade encontrado para a espécie.

Van Schaik et al.(1993) descreve também que espécies de reprodução cruzada devem ter alguma sincronia na floração e, portanto, na frutificação o que corrobora as observações realizadas em *L. pinaster*. Essa sincronia geralmente é devido às pressões seletivas por parte de fatores abióticos, como a presença de chuvas, a atividades de vida de seus polinizadores e ao período de germinação das sementes para o estabelecimento das plântulas.

O fato de *L. pinaster* apresentar produção de frutos tanto no tratamento deapomixia quanto no controle (Tabela 8) pode indicar que esta população seja apomítica facultativa, ou seja, apresentareprodução sexuada paralelamente à assexuada.

A agamospermia, que consiste na produção de sementes sem que antes ocorra polinização (RICHARDS 1997), é citada ocorrendo em Asteraceae, porém apenas na forma gametofítica. Não menos do que 75% dos registros de apomixia em todas as Angiospermas pertencem às famílias Asteraceae, Poaceae e Rosaceae (RICHARDS 1997). A agamospermia foi encontrada em várias tribos de Asteraceae (Mutisieae, Lactuceae, Vernonieae, Astereae, Heliantheae, Eupatorieae, Cardueae, Arctoteae, Inuleae, Gnaphalieae e Anthemideae). A ocorrência de apomixia tanto em grupos basais, como Mutisieae, quanto em grupos mais derivados, como Astereae, Heliantheae e Eupatorieae (BREMER 1994), sugere que este fenômeno provavelmente ocorria em ancestrais de boa parte das Asteraceae.

A apomixia frequentemente está associada à poliploidia e origem de espécies a partir de hibridações (NIJS E MENKEN 1996), o que por sua vez traz como consequência uma baixa fertilidade de grãos de pólen (STEBBINS 1950, MOGIE 1992). Existem espécies de *Lychnophora* com indicações de terem sido formadas desta forma. A origem híbrida é relatada por Mansanares (2000, 2007), em *L. rupestris*, *L. vilosíssima* e origem aloploidia e, *L. cryptomerioides*. Aparentemente, as espécies agamospérmicas tropicais diferem das de clima temperado quanto aos mecanismos empregados na reprodução assexuada: enquanto as primeiras costumam apresentar embrionia adventícia, nas demais são mais frequentes mecanismos como aposporia e diplosporia (BAKER et al. 1982). Várias espécies de cerrado apresentam poliembrionia, que pode estar relacionada à apomixia (SALOMÃO E ALLEM 2001). Globbo-Neto e Lopes (2008) descreve para *L. ericoides* a ocorrência de poliembrionia, sendo necessária a investigação deste fenômeno para a espécie *L. pinater*.

A agamospermia confere algumas vantagens adaptativas às espécies onde ocorre: a reprodução gera cópias idênticas da planta-mãe. Num ambiente estável ao longo do tempo, os genótipos mais bem adaptados a ele, sobrevivente

do processo de seleção natural, disseminam-se e fixam-se pelo menos em curto prazo, evitando os gastos com zigotos mal adaptados que surgiriam como resultado do processo sexual. Em plantas alógamas um indivíduo jamais produz seu genótipo na progênie, em virtude da recombinação. Porém algumas desvantagens podem ter contribuído para limitar a expansão desse sistema reprodutivo pelo reino vegetal: a) devido à falta de recombinação, as linhagens agamospérmicas não conseguem eliminar mutações deletérias, nem reunir mutações vantajosas num só zigoto. Com o tempo, as mutações se acumulam e diminuem a adaptação. Por essa razão, a maioria das espécies mantém linhagens sexuais na mesma população. As sexuais garantem adaptabilidade em longo prazo e as assexuais, em curto prazo e a dissiminação explosiva; b) os nichos ecológicos das agamospérmicas tendem a ser mais estreitos que os das sexuais, pois o número de genótipos é menor e c) os indivíduos tendem a senescer primeiro e são susceptíveis a doenças. (Souza 1995).

A maior porcentagem de frutos sem sementes (partenocarpia) ocorreu nos tratamentos de autopolinização manual seguido de espontânea (Tabela 8). O tratamento de agamospermia foi o que apresentou os maiores valores de frutos não formados (Tabela 8).

A partenocarpia, em vários casos está relacionada a hibridações e poliploidia, sendo as populações mantidas ou propagadas por via vegetativa (ZOHARY 1984), reprodução esta encontrada em *L. pinaster*. No entanto, espécies produzidas de forma clonal também apresentam altas taxas de sementes inviáveis (BELL et al. 1993), desta forma esta estratégia reprodutiva não melhora a qualidade dos frutos, apenas amplia os fatores que induzem a inviabilidade destes. Em populações naturais a partenocarpia geralmente é citada como efeito de problemas na polinização ou fertilização (ZANGERL et al. 1991). Interessante notar que os frutos partenocárpicos foram produzidos tanto nas inflorescências isoladas quanto nas utilizadas como controle, o que reforça a

possibilidade destas plantas estarem com problemas na polinização ou fertilização.

O fato de *L. pinaster* apresentar vários capítulos (13-21) e inúmeras flores por capítulo (3-8) pode ser outro fator que tenha corroborado para a produção destes frutos inviáveis, uma vez que infloriscências com esta conformação tendem a consumir muito recurso maternal levando-o a escassez e acarretando em aborto de óvulos de sementes (MARZINEK 2008). Geralmente frutos produzidos nos capítulos centrais e no centro dos capítulos são os mais afetados, pois são os últimos a serem investidos pela planta mãe, uma vez que *L. pinaster* apresenta uma abertura basipétala. Entretanto, o cancelamento do investimento maternal não pode ser considerado simplesmente como uma perda de reprodução potencial, ao invés disso, representa uma resposta adaptativa aos limites impostos pelos recursos disponíveis (LLOYD 1980).

Além do mais, em Asteraceae múltiplos grãos de pólen são necessários para garantir a fertilização (LANE 1996). Segundo Stephenson et al. (1995) embora haja apenas um óvulo por flor, mais de 2-5 grãos são necessários para garantir a fertilização. Estes autores relatam que a necessidade de múltiplos grãos de pólen para a fertilização pode ser consequência da seleção contra o auto pólen ou da necessidade de vários grãos de pólen por estigma para que ocorra o estabelecimento da interação pólen-pistilo. Desta forma os maiores valores apresentados nos tratamentos de autopolinização espontânea e manual para frutos abortados são justificados, pois não ocorreu o contato de pólen de outros indivíduos para sua fertilização. Apesar de ocorrer produção de frutos nestes tratamentos, os valores foram inferiores ao cruzado, demonstrando que para ocorrer maiores taxas de frutos viáveis há a necessidade de troca de pólen entre os indivíduos.

Quanto aos frutos não formados, sugere-se que o maior valor encontrado para o tratamento de agamospermia se deu justamente pela ausência de interação

entre pistilo-pólen, acarretando na ausência de estímulos hormonais para produção do fruto. Nos demais tratamentos, a ausência de frutos pode ter sido devido a não colocação do pólen corretamente na parte central e posterior das linhas estigmáticas, como mencionado anteriormente como sendo a parte receptiva do estigma, não ocorrendo desta forma também a interação do pólen com as estruturas reprodutoras femininas. Warburton et al.(2000), ainda ressalta que quando existe pequena diversidade genética dentro da população e o fluxo gênico não ocorre, a existência de mecanismos de auto-incompatibilidade podem resultar em pouca ou nenhuma produção de frutos.

Visitantes e Polinizadores Florais

Foram registradas 20 espécies de visitantes florais, sendo estes pertencentes a 6 ordens da classe Insecta. Alguns não apresentavam comportamento de polinizadores atuando como coletores de óleo de inflorescências em pré-antese ou como pilhadores de néctar. Os insetos mais abundantes, com alta frequência de movimento entre as flores e com comportamento de polinizador foram às abelhas *Bombus morio* (Swederus) e *Xylocopa frontalis* (Olivier)(Tabela 9) estando presentes nas três áreas estudadas. Os demais insetos marcados na tabela 9 como polinizadores coletaram e apresentavam pólen em seus corpos e tocavam o estigma, porém a sua abundância e frequência nas flores era relativamente mais baixa que os dois citados anteriormente.

[Digite texto]

Tabela 9 Insetos visitantes de *L. pinater* com suas respectivas ordens, tribo e família, classificação quanto ao comportamento na flor e as áreas em que foram observados.

Visitantes / Polinizadores	Ordem	Tribo	Família	Potencial Polinizador	Visitante	A1	A2	A3
Sp. 1	Coleoptera	Phanaeinae	Scarabaeidae		x	x		
Sp. 2	Diptera	Bombyliini	Bombyliidae		x			x
Sp. 3	Hemiptera	Pentatomini	Pentatomidae		x	x	x	x
<i>Centrissimilis</i>	Hymenoptera	Centridini	Apidae	x				x
<i>Apis mellifera</i>	Hymenoptera	Apini	Apidae	x		x	x	x
<i>Augochlorops</i> sp.	Hymenoptera	Augochlorini	Halictidae	x			x	x
Sp. 4	Hymenoptera	Augochlorini	Halictidae	x			x	
<i>Bombus morio</i>	Hymenoptera	Bombini	Apidae	x		x	x	x
<i>Hylaeus</i> sp.	Hymenoptera	Hylaeini	Coletidae	x			x	
<i>Leurotrigona muelleri</i>	Hymenoptera	Meliponini	Apidae		x			x
Sp. 5	Hymenoptera	Megachilini	Megachilidae	x		x	x	x
Sp. 6	Hymenoptera	Emphorini	Apidae	x				x
Sp. 7	Hymenoptera	Polistinae	Vespidae		x	x	x	x
<i>Xylocopa frontalis</i>	Hymenoptera	Xylocopini	Apidae	x		x	x	x
Sp. 8	Lepidoptera	Moncini	Hesperiidae	x			x	
Sp. 9	Lepidoptera	Nymphalini	Nymphalidae	x		x		x
<i>Vanessa braziliensis</i>	Lepidoptera	Nymphalini	Nymphalidae	x			x	
Sp. 10	Orthoptera		Pyrgomorphidae		x	x	x	x
Sp. 11	Orthoptera	Romaleini	Romaleidae		x		x	
<i>Zacryptocerus</i> sp.	Hymenoptera	Cephalotini	Formicidae		x	x	x	x
Lagarta					x	x		

*Sendo A1-Carrancas- Salto; A2- Carrancas- Agua Limpa; A3- Itumirim- Morro Janela

Corroborando os dados aqui apresentados, FAEGRI e van der PIJL 1979; TORRES e GALETTO 2008 cita que os visitantes florais em Asteraceae são frequentemente insetos das ordens Coleoptera, Diptera, Lepidoptera e Himenoptera, sendo a última, de maior representatividade.

As três áreas estudadas apresentaram similaridade quanto a composição de visitantes florais (Tabela 10), sendo a área 1 pertencente a Carrancas-Salto e 3-Itumirim as que obtiveram maiores valores pelo índice de Bray-Curtis. Esta similaridade de visitantes ocorre devido à espécie apresentar pouca variação na morfologia de suas estruturas florais e exibir nas três áreas o mesmo período de floração, antese bem como a mesma disponibilidade de recurso. Outros fatores que propiciam esta similiaridade são a localização das áreas e a fitofisionomia em que a espécie *L. pinaster* se encontra, pois as três áreas avaliadas estão nos domínios dos campos rupestres na microrregião dos campos das vertentes e em altitudes semelhantes.

Tabela 10 Casacata de similaridade referente à presença de polinizadores e visitantes florais entre as três áreas estudadas.

Áreas	Carrancas-Salto	Carrancas-Água Limpa	Itumirim- Morro Janela
Carrancas- Salto	0		
Carrancas- Água Limpa	0.522	0	
Itumirim- Morro Janela	5.71	0.545	0

Os insetos visitaram *L. pinaster* de 10:00 – 16:00 h, no entanto, o pico de visitação, de 11:00 – 15:00 h, corresponde aos períodos mais quentes do dia . As abelhas *B. morio* e *X. frontalis* foram observadas durante o período 10:00 – 16:00 horas.

Tanto *B. moris* quanto *X. frontalis* apresentam comportamento semelhante, ambas pousando na inflorescência e caminhando pelas flores

inserindo sua língua no interior da corola em busca de néctar (Figura 12). A duração da visita variou de 6 à 30 segundos dependendo da quantidade de flores abertas por inflorescência. Durante a caminhada as abelhas encostam no estilete (por vezes repleto de pólen) e no estigma de várias flores através da sua porção ventral. Os indivíduos observados tinham pólen aderidos às pernas, na cabeça e nas porções ventrais do tórax e abdome. Segundo Faegri e van der Pijl (1980) pólenes que ficam aderidos na porção ventral posterior das abelhas são destinados à polinização, devido este local ser de difícil acesso para a abelha se limpar. Segundo Kawarasaki e Hori (1999); Wesselingh et al. (2000); Tsukaya et al. (2002) e Figueroa-Castro e Cano-Santana (2004), espécies do gênero *Bombus* são bem documentadas como visitantes florais de compostas.



Figura 12 Abelha A- *Xyloca frontalis* e B- *Bombus moris* polinizando flores de *L. pinaster*.

A maioria dos himenópteros foram abelhas da família Apidae, cujos membros são sociais e têm colônias perenes (ROUBIK 1989). As abelhas

solitárias são consideradas polinizadores eficientes, uma vez que têm uma tendência a coletar pólen e néctar simultaneamente. Esses insetos forrageiam em diferentes momentos do dia e preferem inflorescências com uma maior proporção de flores com a fase estaminada (LANE 1996). Gottesberger (1980); Lane (1996) e Eiterer (2005) consideram as abelhas como sendo os principais polinizadores de Asteraceae em oposição a Many e Saravanan (1999) que as consideram como segundo grupo em importância.

As abelhas da espécie *Apis mellifera* L., popularmente chamadas de africanizadas, foram relatadas no período de 11:00 – 13:00 h e duraram em média 5 segundos visitando todas as inflorescências (Figura 13). Estas abelhas procuram atingir a base da flor em busca de néctar e pólen, porém ora o faz pousando na borda do tubo da corola, sem contato com as anteras e estigma, ora prende-se com as patas no tubo das anteras, tocando as estruturas sexuais com a superfície ventral e patas posteriores onde carregam o pólen coletado. Dessa forma, podemos classificar a espécie como polinizadora ocasional. Avelino (2005) observou o mesmo padrão para esta espécie em relação à *L. ericoides*.



Figura 13 *Apis mellifera* coletando pólen de *L. pinaster*.

Abelhas africanizadas, bem como abelhas sem ferrão, são visitantes comuns uma vez que são generalistas e se sobrepõem bastante em tempo e local de forrageamento (TOLEDO et al. 2003). Em espécies de Asteraceae, tais abelhas aparentemente cumprem importante papel na polinização, devido a sua frequência e diversidade (OLIVEIRA 1991; CERANA 2004; FIGUEROA-CASTRO e CANO-SANTANA 2004), embora seu comportamento de visita possa comprometer a eficiência do serviço de polinização por expulsar os visitantes nativos ou por exaurir os recursos florais (KREND e MURPHY 2003).

A visitação dos dípteros, Vespidae e demais abelhas (Tabela 10) pode ser devido aos recursos oferecidos pela espécie – óleo aromático, néctar e pólen – porém apresentaram baixa frequência. Ocasionalmente estes visitantes tocavam o estigma, sendo assim não tão eficientes no processo de polinização.

Lepidopteros, particularmente Nymphalidae, foram registrados nas três localidades (Tabela 10), porém com menor intensidade. As borboletas permaneceram nas plantas por até 60 s, com pouca presença de pólen em seus corpos, não sendo aparentemente eficientes na troca de pólen entre as flores. Desta forma podemos classificá-las assim como a espécie *Apis mellifera* de polinizadores ocasionais (Figura 14). De fato, borboletas não são consideradas polinizadores eficientes nem em áreas temperadas nem em comunidades tropicais (MURPHY 1984; MACHADO e SAZIMA 1987). No entanto, Mani e Saravanan (1999) citam borboletas como sendo importantes polinizadores de Asteraceae, devido a muitas espécies da família apresentar esta ordem como eficiente polinizador. Segundo alguns autores o irregular, aleatório e agonístico comportamento de forrageamento de borboletas pode melhorar a variabilidade genética de plantas devido favorecer a polinização cruzada e ampliar o fluxo gênico (GRAMBONE-GUARATINI et al. 2004, LELIS 2008). Visitação por Lepidoptera foi relatado para *Bidens* (ARROYO et al 1982; ABBOT e IRWIN 1988; SUN e GANDERS 1990; CABRERA e DIERINGER 1992; IWATA

1992; LELIS 2008), *L. ericoides* (AVELINO 2005) e *Adenostemma brasilianum* (GODINHO 2007). Barbosa e Sazima (1997) destacam que de um modo geral ocorre uma tendência de aumento da frequência dos lepidópteros (incluindo mariposas, esfingídeos e borboletas) das formações abertas, como as áreas de cerrado e de arbustal para as fechadas, como por exemplo, a mata pluvial, justificando a baixa ocorrência no presente estudo, uma vez que este foi desenvolvido em uma área aberta de campo rupestre.



Figura 14 Mariposa visitando flores de *L. pinaster*.

Observou-se a presença de formigas do gênero *Zacryptoderus* nas incipitulescências (Tabela 10). As mesmas ficavam paradas vários minutos em um único lugar. *Zacryptocerus* é um gênero conhecido por consumir néctar, pólen e óleo de plantas (DIAS e ÁLVAREZ 2001) e raramente formigas são consideradas polinizadores (BEATTIE e HUGHES 2002). *L. pinaster* apresenta estruturas secretoras de óleo e odor na epiderme, inclusive na inflorescência durante a antese (SILVA et al. 2013) que pode ter exercido atração destas

formigas. Desta forma, pela frequência e comportamento às vezes agressivo das formigas, seria possível que o óleo e o odor secretado exercessem atração sobre as formigas, ocasionando uma relação de defesa contra a herbivoria em *L. pinaster* por parte das mesmas (SANTOS e DEL-CLARO 2001, AVELINO 2005), porém, não foi quantificado esta relação.

Os insetos da família Pentatomidae, Pyrgomorphidae, Romaleidae e Scarabeidae apresentaram comportamento de herbivoria, predando as peças florais de *L. pinaster* (Figura 15). Segundo Janzen (1971), diversas famílias de besouros encontram-se entre os principais predadores de sementes e peças florais.



Figura 15 Inseto da família A- Pyrgomorphidae e B- Scarabeidae predando as peças florais de *L. pinaster*.

A morfologia floral de *L. pinaster*, principalmente a corola actinomorfa e a elevada quantidade de flores produzidas favorece o uso de seus recursos por diversos tipos de visitantes, que realizam visitas não específicas às flores, tornando-a, desta forma, uma espécie com polinização generalista, porém com maiores taxa de melitofilia e psicofilia (FAEGRI e van der PIJL 1979), devido ao formato tubular da corola, sua coloração lilás, a presença de nectário, resitência mecânica, plataforma para pouso, antese diurna e odor forte e adocicado.

A polinização nas espécies de Asteraceae é, na maioria dos casos, generalista. Este tipo de polinização foi visto, por muito tempo, como basal dentro das angiospermas. Entretanto, como nos trabalhos de Torres e Galetto (2008) e Gómez e Zamora (2006), muitos pesquisadores atualmente consideram a polinização generalista em Asteraceae uma condição derivada e uma adaptação a uma maior eficiência reprodutiva, uma vez que o sistema de reprodução de grande parte das espécies desta família é auto-imcompatível.

É bem provável que *L. pinaster*, devido às populações se apresentam em manchas densas e com muitas flores bem como à grande diversidade de grupos da Classe Insecta observados nas áreas em estudo possuam outros visitantes. Estas são características extremamente vantajosas para a seleção da espécie em questão, uma vez que ocorre em áreas de campos rupestres que são sujeitas as limitações de polinizadores devido ao seu isolamento e apresenta sistema auto-incompatível para reprodução.

No entanto, como mencionado anteriormente duas espécies de abelhas ocorrem com maior representatividade nas flores e realiza a polinização com maior efetividade em *L. pinaster*, esse destaque pode ser devido à velocidade de vôo e agilidade no forragamento das flores, além de conseguirem carregar mais pólen em seus corpos devido a grande presença de pêlos. Agostini e Sazima (2003) corroboram com estas observações realizadas salientando que estas

espécies de abelhas são comuns em ambientes adversos devido a sua agilidade em conseguir recursos frente a outros visitantes florais. Frankie e Haber (1983) e Roubik (1989) ainda mencionam que essas abelhas, relativamente grandes, utilizam flores nas quais realizam visitas legítimas, pois apresentam estruturas apropriadas para coleta dos recursos ou, ainda, por possuírem força física para entrar em corolas de difícil acesso. Considerando esses aspectos *Xylocopa frontalis* e *Bombus morio* são abelhas mais especializadas e, geralmente, apresentam adaptações morfológicas, fisiológicas ou comportamentais para coleta de recursos florais (ROUBIK, 1989; SCHLINDWEIN, 2000). Desta forma, devido a importância e efetividade na polinização de *L. pinaster*, uma possível redução das populações de *B. morio* e *X. frontalis* nestas áreas poderia comprometer a abundância e permanência da espécie nas áreas em estudo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fenofase de floração de *L. pinaster* ocorre em dois períodos do ano sendo uma mais extensa entre os meses de setembro a novembro e uma relativamente curta no mês de julho com a presença de poucos botões florais, ocorrendo, portanto, entre a estação seca para a chuvosa.

O alto número de flores, a morfometria floral, a coloração, a protandria, a apresentação secundária de pólen e a continuidade da antese na inflorescência são características que otimizam a atração de visitantes florais e contribuem para uma maior eficiência na reprodução, uma vez que a espécie foi classificada como auto-incompatível. No entanto, a espécie pode apresentar outras estratégias reprodutivas, pois produziu frutos viáveis mesmo que pequenas taxas por autopolinização e agamospermia.

Foram observados insetos das ordens Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera e Coleoptera visitando as inflorescências de *L. pinaster* em busca de óleo aromáticos, pólen, néctar e peças florais, tornando-a, desta forma, uma espécie com polinização generalista com predominância de meliofilia e psicofilia. *Bombus moris* e *Xylocopa frontalis* foram considerados os polinizadores mais efetivos devido a sua abundância e comportamento nas flores de *L. pinaster*.

Tendo em vista o papel crucial das abelhas na manutenção da biodiversidade dos ecossistemas naturais bem como das populações estudadas que já se encontra como vulnerável a extinção é imprescindível um maior conhecimento das interações dessas abelhas com as plantas para o manejo desses ecossistemas.

Ademais, estas informações observadas no presente estudo permitirão análises mais detalhadas sobre a filogenia do grupo e fornecerão subsídios para formular hipóteses acerca de como as espécies, ou até mesmo o gênero, se

diferenciam e o que afeta diretamente a sua dispersão e estabelecimento no ambiente, sendo base para planos de manejo e conservação da espécie.

REFERÊNCIAS

ABBOT, R. J.; IRWIN, J. A. 1988. Pollinator movements and the polymorphism for outcrossing rate at the ray locus in commongroundsel, *Seneciovulgaris*. **Heredity**, v.60, p.295-298.

AGOSTINI, K.; SAZIMA, M. 2003. Plantas ornamentais e seus recursos para abelhas no Campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. **Bragantia**, 62 (3): 335-343.

AGREN J. 1996. Population size, pollinator limitation, and seed-set in the selfincompatible herb *Lythrum salicaria*. **Ecology**, 77: 1779-1790.

ANDRADE, B. S.; HAY, J. D. 2007. Estimation of aerial biomass of *Lychnophora ericoides* (Mart.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 50: 687-694.

ALMEIDA, E. C. 1986. Biologia floral e mecanismos de reprodução em *Crotalaria mucrota* Desv. **Ceres**, 33(190): 528-540.

ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. 1998. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC. 464 p.

ALVES, R. J. B.; CARDIN, L.; KROPF, M. S. 2007. Angiosperm disjunction “Campos rupestres - restingas”: a re-evaluation. **Acta Botanica Brasilica**, 21(3): 675-685.

ARNOLD, M.L. EMMS, S.K. Molecular markers, gene flow, and natural selection. In: SOLTIS, D.; SOLTIS, P.; DOYLE, J. (Eds.). *Molecular systematics of plants II: DNA Sequencing*. New York: Kluwer Academic, 1998. p. 442-458.

ARROYO, M. T. K.; PRIMACK, R.; ARMESTO J. Community studies in pollination ecology in the high temperate Andes of Central Chile, I, Pollination mechanisms and altitudinal variation. **American Journal of Botany**, v.69, p.82-97, 1982.

AVELINO, A.S. 2005. Biologia reprodutiva de *Lychnophora ericoides* Mart. (Asteraceae: Vernoniae). Tese de Mestrado. Brasília, Universidade de Brasília.
BAKER, H. G., BAWA, K. S., FRANKIE, G. W.; OPLER, P. A. 1982.

Reproductive biology of plants in tropical forests. **In Tropical rain forest ecosystems - structure and function** (F.B. Golley, ed.). Elsevier, Amsterdam, p.183-215.

BARBOSA, A. A. A.; SAZIMA, M. 2008. Biologia reprodutiva de plantas herbáceo-arbustivas de uma área de campo sujo de cerrado. In-Cerrado: ecologia e flora, eds. S. M. SANO; S. P. DE ALMEIDA; J. F. RIBEIRO. Embrapa, Brasília, DF, vol. 1, pp. 291-307.

BARNES, B.V.; ZAK, D.R.; DENTON, S. R.; SPURR, S. H. Forest ecology. 4ed. New York. J. Wiley & Sons, 1998. 753p.

BARRETT, S. C. H., COLE, W. W.; HARDER, L. D. 1998. Experimental studies on the effects of floral design and display on plant mating. **In Reproductive biology** (S. J. Owens; P. J. Rudall, eds.). Royal Botanical Gardens, Kew, p.1-13.

BAWA K. S. 1974. Breeding systems of tree species of a lowland tropical community. **Evolution**, 28:85-92.

BEATTIE A.J., HUGHES L. 2002. Chapter 8: Ant-plant interactions. **In: Plant-animal interactions: an evolutionary approach**. Ed: Herrera C. M.; Pellmyr O. Blackwell Publishing.

BELL, D. T.; PLUMMER, J. A.; TAYLOR, S. K. 1993. Seed germination ecology in southwestern Western Australia. *Bot. Rev.*, **59**, 286-305.

BRAUNER, S., GOTTLIEB, L. D. 1987. A self-compatible plant of *Stephanomeria exigua* subsp. *coronaria* (Asteraceae) and its relevance to the origin of its self-pollinating derivative *S. malheur-ensis*. *Systematic Botany*, **12**: 299-304.

BREMER, K. 1994. **Asteraceae: Cladistics and classification**. Timber Press, Portland.

BRENNAN, A. C., S. A. HARRIS, D. A. TABAH, AND S. J. HISCOCK. 2002. The population genetics of sporophytic self-incompatibility in *Senecio squalidus* L. (Asteraceae). I. S allele diversity in a natural population. *Heredity* **89**: 430-438.

CABRERA, R. L.; DIERINGER, G. 1992. Reproductive biology population of *Acourtia runcinata* (Asteraceae: Mutisieae) at the northeastern limit of its range. *American Midland Naturalist*, **128**: 83-88.

CERANA M.M. 2004. Flower morphology and pollination in *Mikania* (Asteraceae). *Flora*, **199**(2):168-177.

CERQUEIRA, M. B. S.; SOUZA, J. T., JÚNIOR, R. A.; PEIXOTO, A. B. F. 1987. Ação analgésica do extrato bruto aquoso liofilizado do caule e folhas de *Lychnophora ericoides* Mart. *Ciência e Cultura*, **3**(5/6): 551-553.

CHARLESWORTH, D. 1985. Distribution of dioecy and self-incompatibility in angiosperms. In P. J. GREENWOOD, P. H. HARVEY, AND M. SLATKIN, [eds.], **Evolution**: essays in honor of John Maynard Smith, 237-268.

Cambridge University Press, Cambridge, UK. COILE, N. C.; JONES J. R., S. B. 1981. *Lychnophora* (Compositae: Vernoniaeae), a endemic genus to the Brazilian planalto. *Brittonia*, **33**: 528-542.

COLWELL, R.K. 2009. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples**. v. 8.2. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/>

CONCEIÇÃO, A. A. & J. R. PIRANI. 2005. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substrato, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo**, 23: 85-111.

COPAM - CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais**. Deliberação COPAM 85/97. Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/listas-mg/MG-especies-Flora_ameaçadas.pdf Acesso em: 15 março. 2011.

COSTIN B. J., MORGAN J. W., YOUNG A. G. 2001. Reproductive success does not decline in fragmented populations of *Leucochrysum albicans* subsp *albicans* var. *tricolor* (Asteraceae). **Biological Conservation**, 98 (3):273-284.

DAFNI, A.; KEVAN, P. G.; HUSBAND, B. C.. 2005. **Practical Pollination Biology**. Enviroquest, Ltd., Cambridge, Ontario, Canada. 590pp.

DIAS L. G., ÁLVARES E. S. S. 2001. Preferência alimentar de *Camponotus* sp (Formicidae) em diferentes fontes de substâncias açucaradas em uma área de cerrado na região metropolitana de Belo Horizonte. **In: V Congresso de Ecologia do Brasil**, 2001, Porto Alegre - Resumos. Tema 01, resumo 0044.

DOBKIN, D. S 1984 Flowering patterns of long-lived Heliconia inflorescences: implications for visiting and resident nectarivores. **Oecologia**, Berlin, 64: 245-254.

EITERER, M. 2005. **Estratégia reprodutivas de espécies co-ocorrentes de Mikania (Asteraceae)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 45 p.

ELDRIDGE, K. G.; GRIFFIN, A. R. 1983. Selfing effects in *Eucalyptus regnans*. **SilvaeGenetica**, Frankfurt, 31: 216-221.

EPAMIG; UNENET; UFV 1982. **Atlas climatológico do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte.**

FAEGRI, K.; PIJL, L. VAN DER. 1979. **The principles of pollination ecology**. 3 ed. Oxford, Pergamon Press.

FERRER, M. M.; GOOD-AVILA, S.V. 2007. Macrophylogenetic analyses of the gain and loss of self-incompatibility in the Asteraceae. **New Phytologist**, 173: 401–414.

FIGUEROA-CASTRO D. M., CANO-SANTANA Z. 2004. Floral visitor guilds of five allochronic flowering asteraceous species in a xeric community in Central Mexico. **Environmental Entomology**, 33(2):297-309.

FRANKIE, G. W.; HABER, W. A. 1983. Why bees move among mass-flowering neotropical trees. In: JONES, C.E.; LITTLE, R. J. (Eds.). **Handbook of experimental pollination biology**. New York: Scientific and Academic Editions, p. 360-372.

GALETTO L. 1995. Estudios sobre el nectar y los nectaries en *Hyaloseris rubicundayBarnadesia odorata*(Asteraceae-Mutisieae). **Darwiniana**, 33: 127–133.

GENTRY, A. H. 1974. Flowering phenology and diversity in tropical Bignoniaceae. **Biotropica**, 6:64-68.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plants species from the Espinhaço Range, MG - BA, Brazil. **In: WORKSHOP ON GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P.** 2008. Online identification of chlorogenic acids, sesquiterpene lactones, and flavonoids in the Brazilian arnica *Lychnophora ericoides* Mart. (Asteraceae) leaves by HPLC-DAD-MS and

HPLC-DAD-MS/MS and a validated HPLC-DAD method for their simultaneous analysis. **Journal of agricultural and food chemistry**, 56 (4): 1193-1204.

NEOTROPICAL DISTRIBUTION PATTERNS, 1., 1998, Rio de Janeiro. Proceedings...Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1988. p. 39-69.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. 1997. Espinhaço range region. Eastern Brazil. In: S. D. DAVIS, V. H. HEYWOOD, O. HERRERA-MACBRYDE, J. VILLA-LOBOS; A. C. HAMILTON (eds). Centres of plant diversity. A guide and strategies for the conservation, Vol. 3. **The Americas**. pp. 397-404.

GODINHO, M. A. S. **Biologia reprodutiva e germinação de sementes em *Adenostemma brasilianum* (Pers.) Cass. (Asteraceae)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

GÓMEZ, J. M., ZAMORA, R. 2006. Ecological factors that promote the evolution of generalization in pollination systems. In: N. M. WASER, J. OLLERTON (Eds.), **Plant-pollinator Interactions**. From Specialization to Generalization, University of Chicago Press, Chicago (2006), pp. 145–166.

GROMBONE-GUARATINI, M. T.; SOLFERINI, V. N.; SEMIR J. 2004. Reproductive biology in species of *Bidens* L. (Asteraceae). **Scientia Agricola**, 61:185–189.

HARRIS, E. M. 1994. Developmental evidence for syncephalia in *Lagascea* (Heliantheae; Asteraceae). **American Journal of Botany**, 81:1139-1148.

HARRIS, E. M. 1999. Capitula in the Asteridae: a widespread and varied phenomenon. **The Botanical Review**, 65(4):348-361.

HOWELL, G. J.; SLATER, A. T.; KNOX, R. B. 1993. Secondary pollen presentation in angiosperms and its biological significance. **J. Bot.**, 41: 417-438.

IMRIE, B. C.; KNOWLES, P. F. 1971. Genetic studies of self incompatibility in *Carthamus flavescens* Spreng. **Crop Science**, 11:6–9.

IWATA, M. Studies on the insects community of flowers: II. The interspecific relations among flower visiting insects in Iriomote Island. **Proceedings of the Faculty of Agriculture of Kyushu Tochai University**, n.11, p.99-107, 1992.

JANZEN D. H. 1971. Seed predation by animals. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 2: 465-492.

JANZEN, D. H. 1967. Synchronization of sexual reproduction of trees during the season in Central America. **Oecologia**, 67: 40-43.

JONES, S. B. 1976. Revisions of *Vernonia* (compositae) subsection paniculate, series unbeli tormes of the Mexican Highlands. **Rhodora**, 78:108-206.

JUSTINIANO, M. J.; FREDERICKSEN, T. S. 2000. Phenology of tree species in Bolivian dry forests. **Biotropica**, 32(2): 276-281.

KAWARASAKI, S., HORI, Y. 1999. Effect of flower number on the pollinator attractiveness and the threshold plant size for flowering in *Pertya triloba* (Asteraceae). **Plant Species Biology**, 14(1):69.

KEARNS, C. A.; INOUE, C. A. 1993. **Techniques for pollination biologists**. **Niwot**: University Press of Colorado, 583p.

KREND K., MURPHY C. 2003. The Relationship of *Apis mellifera* with exotic and native plants in Boulder County, Colorado. **American Journal of Undergraduate Research**, 2(2):5-11.

LANE, M. A. 1996. Pollination biology of Compositae. **In Compositae: Biology and utilization** (P. D. S. CALIGARI; D. J. N. HIND, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.61-80.

LELIS, S. M. 2008. **Biologia reprodutiva de *Bidens segetum* Mart. ex Colla (Heliantheae, Asteraceae)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 45p.

LEVIN, D. A. 1996. The evolutionary significance of pseudo-self-fertility. **American Naturalist**, 148: 321–332.

LOBELLO, G., FAMBRINI, M., BARALDI, R., LERCARI, B., PUGLIESI, C. 2000.

Hormonal influence on photocontrol of the protandry in the genus *Helianthus*. **Journal of Experimental Botany**, 51(349):1403-1412.

LLOYD, D. G. 1980. Sexual strategies in plants. An hypothesis of a serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. **New Phytol.**, 86: 68-79.

LUQUE R., MENEZES N., SEMIR J. 2001. La función secretora de la endodermis de la raíz de especies de *Lychnophora* Mart. (Asteraceae). **Plantula**, 1(3): 221-228.

MACHADO, I. C. S.; SAZIMA, M. 1987. Estudo comparativo da biologia floral em duas espécies invasoras: *Ipomoea hederifolia* e *I. quamoclit* (Convolvulaceae). **Revista Brasileira de Biologia**, 47: 425-436.

MANI, M.S.; SARAVANAN, J.M. 1999. **Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae)**. New Hampshire: Science Publishers, 166p.

MANSANARES, M. E.; FORNI-MARTINS, E. R.; SEMIR, J. 2007a. Cytotaxonomy of *Lychnophora* Mart. (Asteraceae: Vernoniae: Lychnophorinae). **Caryologia** (Firenze), 60: 21 – 28.

MARZINEK, J.; DE-PAULA, O. C.; OLIVEIRA, D. M. T. 2008. Cypsela or achene? Refining terminology by considering anatomical and historical factors. **Revista Brasileira de Botânica**, 31(3): 549-553.

MCINNIS, S. M.; EMERY, D. C., PORTER, R.; DESIKAN, R.; HANCOCK, J. T.; HISCOCK, S. J. 2006. The role of stigma peroxidases in flowering plants: insights from further characterization of a stigma-specific peroxidase (SSP) from *Senecio squalidus* (Asteraceae). **Journal of Experimental Botany**, 57: 1835–1846.

MELO, P. R. B.; OLIVEIRA, J. A.; DE CARVALHO, M. L. M.; GUIMARÃES, R. M.; CARVALHO, B. D. O. 2009. Aplicação do teste de raios x no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, 31(2), 146-154.

MENGES E. S. 1991. Seed germination percentage increases with population size in a fragmented prairie species. **Conservation Biology**, 5:158-164.

MOGIE, M. 1992. **The evolution of asexual reproduction in plants**. Chapman & Hall, London.

MONDIN, C. A. 2006. **Riqueza genérica e dados biogeográficos das asteráceas brasileiras**. Os avanços da Botânica no início do século XXI: morfologia, fisiologia, taxonomia, ecologia e genética. 1ed. Conferências Plenárias e Simpósios do 57º Congresso Nacional de Botânica. Porto Alegre: Pallotti.

MORELLATO, L. P. C.; RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F.; JOLY, C. A. 1989. Estudo comparativo da fenologia de espécies arbóreas de floresta de altitude e floresta mesófila semi-decídua na Serra do Japi, Jundiá, São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, 12:85-98.

MORGAN J. W. 1999. Effects of population size on seed production and germinability in an endangered, fragmented grassland plant. **Conservation Biology**, 13 (2):266-273.

MURPHY D. D. 1984. Butterflies and their nectar plants: the role of the checkerspot butterfly *Euphydryas editha* as a pollen vector. **Oikos**, 43:113-117.

NETO, R. M. 2012. As paisagens quartzíticas do Planalto do Alto Rio Grande: relações entre rocha-relevo-solo-vegetação na Serra de Carrancas (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, 13 (41): 263-281.

NIJS, H. C. M.; DEN MENKEN, S. B. J. 1996. Relations between breeding system, ploidy level, and taxonomy in some advanced sections of *Taraxacum*. In *Compositae: Systematics* (H.D.N. Hind & H.J. Beentje, eds.). **Royal Botanic Gardens**, Kew, p.665-677.

NORONHA, M. R. P.; GOTTSBERGER, G. 1980. A polinização de *Aspilia floribunda* (Asteraceae) e *Cochlospermum regium* (Cochlospermaceae) e a relação das abelhas visitantes com outras plantas do Cerrado de Botucatu, Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica** 3:67-77.

OLIVEIRA P. E. 1991. **The Pollination and reproductive biology of cerrado woody community in Brazil**. PhD Thesis, University of St. Andrews.

OLIVEIRA P. E. 1998. Fenologia e Biologia Reprodutiva das espécies de cerrado. 169- 192. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P. ed. **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC.

OLIVEIRA P. E.; GIBBS, P. E. 2000. Reproductive biology of woody plants in a cerrado community of Central Brazil. **Flora**, 195:311-329.

PANNELL, J. R.; BARRETT, S. C. H. 1998. Baker's law revisited: reproductive assurance in a metapopulation. **Evolution**, 657-668.

PARK, Y. S.; FOWLER, D. P. 1982. Effects of inbreeding and genetic variances in a natural population of *Tamarax* (*Larix laricina* (Du Roi) K.Koch) in eastern Canada. **Silvae Genetica**, Frankfurt, 32: 21-26.

PELLMYR, O.; THIEN, L. B. 1986. Insect reproduction and floral fragrances: keys to the evolution of the angiosperms? *Taxon* 35: 76-85.

PHILIPP, M.; HANSEN, L. B.; ADSERSEN, H.; SIEGISMUND, H. R. 2004. Reproductive ecology of the endemic *Lecocarpus pinnatifidus* (Asteraceae) in an isolated population in the Galápagos Islands. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 146: 171–180.

PRIMACK, R. B. 1985. Longevity of individual flowers. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*, 16: 15-35.

RADAMBRASIL. Ministério de Minas e Energia. 1983. **Levantamento dos Recursos Naturais** - Folhas SF 23/24, Rio de Janeiro / Vitória. Rio de Janeiro, v.32, p.780. (Escala 1:1.000.000).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

REINARTZ, J. A.; LES, D. H. 1994. Bottleneck-induced dissolution of self-incompatibility and breeding system consequences in *Aster furcatus* (Asteraceae) *American Journal of Botany*, 81(4): 446-455.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. 1998. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 89-166. In SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. eds. **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa/CPAC.

RICHARDS, A. J. 1997. **Plant breeding systems**. Chapman & Hall, Londres.
ROBACKER, D. C., MEEUSE, B. J. D.; ERICKSON, E. H. 1988. Floral aroma: How far will plants go to attract pollinators? *Bioscience*, 38: 390-398.

ROUBIK, D. W. 1989. **Ecology and natural history of tropical bees**. Cambridge: Cambridge University Press., 514p.

RUIZ, T. Z.; ARROYO, M. T. K. 1978. Plant reproductive ecology of a secondary deciduous tropical forest. **Biotropica**, 10:221-230.

RUNGELER, R.; CASTRO, V.; MORA, G.; GOREN, N.; VICHNEWSKI, W.; PAHL, H.L.; MERFORT, I.; SCHMIDT, T. J.. 1999. Inhibition of transcription factor NF – KB by sesquiterpene lactones: A proposed molecular mechanism of action. **Bioorganic Medicinal Chemistry Letters**, Kidlington, 7: 2343-2352.

SALOMÃO, A. N.; ALLEM, A. C. 2001. Polyembryony in angiospermous trees of the Brazilian Cerrado and Caatinga vegetation. **Acta Botanica Brasilica**, 15:369-378.

SANTOS, J. C.; DEL-CLARO, K. 2001. Interação entre formigas, herbívoros e nectários extraflorais em *Tocoyena formosa* (Cham. & Schlecht.) K. Schum. (Rubiaceae) na vegetação do cerrado. **Revista Brasileira de Zoociências**, 3(1):77-92.

SARMIENTO, G. 1983. Patterns of specific phenological diversity in the grass community of the Venezuelan tropical savannas. **Journal of Biogeography**, Oxford, 10: 373-391.

SAZIMA M.; MACHADO I.C.S. 1983. Biologia floral de *Mutisia coccinea* St. Hil. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, 6(2):103-108.

SEMIR, J. 1991. **Revisão Taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernonieae: Compositae)**. Tese de doutorado, Univ. Estadual de Campinas, Campinas.
SCHLICHTING, C.D. 1986. The evolution of phenotypic plasticity in plants. **Annual Review of Ecology & Systematics** 17: 667-693.

SCHLINDWEIN, C. 2000. **A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente**. Anais do Encontro sobre Abelhas 4: 131-141.

SILVA, D. M. S. 2005. **Estrutura populacional, fenologia, crescimento e efeito de poda em *Lychnophora ericoides* Mart. (Compositae: Asteraceae).** Tese de Doutorado. Brasília, Universidade de Brasília.

SILVA, P. S. S.; LINHARES, J. F. P.; MARQUES, M. O. M. 2013. Caracterização morfológica, perfil químico, atividade biológica e conservação in situ do gênero *Lychnophora* Mart. (Asteraceae: Vernonieae: Lychnophorinae), Brasil. **Biotemas**, 26(2), 9-18.

SILVA, S. M. P. 1994. **Aspectos da fenologia e da reprodução sexuada da arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.) - Asteraceae.** 45f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SIMÕES, A. O. E.; KINOSHITA L. S. 2002. The Apocynaceae s. str. of the Carrancas Region, Minas Gerais, Brazil, **Darwiniana**, 40(1-4): 127-169.

SOUZA, A. V.; PINTO, J. B. P.; BERTOLUCCI, S. K. Z.; CORRÊA, R. M.; CASTRO, E. M. 2003. Germinação de embriões e multiplicação In Vitro de *Lychnophora pinaster* Mart. **Ciências Agrotécnicas**, edição especial: 1532-1538.

STEBBINS, G. L. 1950. **Variation and evolution in plants.** Columbia University Press, New York.

STEBBINS, G. L. 1957. Self-fertilization and variability in higher plants. **American Naturalist**, 91: 337-354.

STEPHENSON, A. G.; QUESADA, M. R.; SCHLICHTING, C. D.; WINSOR, J. A. 1995. Consequences of variation in pollen load size. Experimental and molecular approaches to plant systematic. **Monographs in Systematic Botany**, 53: 233-244.

SUN, M.; GANDERS, F. R. 1990. Outcrossing rates and allozyme variation in rayed and rayless morphs of *Bidens pilosa*. **Heredity**, 64: 139-143.

TOLEDO, V. A.; FRITZEN, A. E.; NEVES, C. A.; RUVOLO-TAKASUSUKI, M. C.; SOFIA S. H.; TERADA, Y. 2003. Plants and pollinating bees in Maringá, State of Paraná, Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 46(4):705-710.

TORRES, C.; GALETTO, L. 2008. Importancia de los polinizadores en la reproducción de Asteraceae de Argentina Central. **Acta Botanica Venezuelica**, 31:473-494.

TSUKAYA, H.; FUJIKAWA K., W. U. S. 2002. Thermal insulation and accumulation of heat in the downy inflorescences of *Saussurea medusa* (Asteraceae) at high elevation in Yunnan, China. **Journal of Plant Research**, 115(4): 263-268.

VAN DER PIJL, L. 1960. Ecological aspects of flower evolution. **Phyletic evolution. Evolution** 14 (4): 403-416.

VAN SCHAIK, C.; TERBORGH, J. W.; WRIGHT, S. J. 1993, The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, 24: 353-377.

VENABLE, D. L.; LEVIN, D. A. 1983. Morphological dispersal structures in relation to growth habit in the Compositae. **Plant Systematic Evolution**, 143:1-16.

VITTA, F. A. 2002. Diversidade e conservação da flora nos campos rupestres da Cadeia do Gesteira; J. M. T. Carneiro (eds). **Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil**, pp. 90-94.

WARBURTON, M.; CROSSA, J. **Data analysis in the cimmyt applied biotechnology center: for fingerprinting and genetic diversity studies**. Mexico, DF: CIMMYT, 2000. 23p.

WEBB, C. J.; LLOYD, D. G. 1986. The avoidance of interference between the presentation of pollen and stigmas in Angiosperms II. Herkogamy. New Zealand, **Journal of Botany**, 24:163-178.

WERPACHOWSKI, J. S.; VARASSIN, I. G.; GOLDENBERG, R. 2004. Ocorrência de apomixia e partenocarpia em algumas espécies subtropicais de Asteraceae. **Rev. Bras. Bot.**, 27, 607-613.

WESSELINGH, R. A.; BURGERS, H. C. M., DEN NIJS, H. C. M. 2000. Bumblebee pollination of understory shrub species in a tropical montane forest in Costa Rica. **Journal of Tropical Ecology**, 16: 657-672.

WIST, T. J. 2005. **Pollination biology of Echinaceae angustifolia and Echinaceae purpurea (Asteraceae) in Saskatchewan**. Thesis. University of Saskatchewan Saskatoon, Saskatchewan, Canada, 178 p.

YEO, P. F. 1993. Secondary pollen presentation. Form, function and evolution. **Pl. Syst. Evol. Suppl.**, 6: 1-268.

YOUNG, A. G.; BROWN, A. D. H.; MURRAY, B. G.; MILLER, C. H. 2000. Genetic erosion, restricted mating and reduced viability in fragmented populations of the endangered grassland herb *Rutidosia leptorrhynchoides*. **Genetics, Demography and Viability of Fragmented Populations**, (eds A.G. YOUNG & G.M. CLARKE), 4: 335-359.

ZANGERL, A. R.; BEREMBAUM, M. R.; NITAO, J. K. 1991. Parthenocarpic fruits in wild parsnip: decoy defense against a specialist herbivore. **Evolutionary Ecology**, 5:136-145.

ZOHARY, D. 1984. Modes of evolution in plants under domestication. **In Plant Biosystematics** (W.F. GRANT, ed.). Academic Press, Toronto, p.579-586.

ARTIGO 2

**QUALIDADE DE DIÁSPOROS DE *Lychnophora pinaster* MART. EM
CAMPOS RUPESTRES DO CAMPO DAS VERTENTES- MG**

Preparado de acordo com normas da revista Acta Botânica Brasílica

RESUMO

Lychnophora pinaster Mart., é uma espécie em destaque nos campos rupestres de Minas Gerais por ser muito usada nos tratamentos de ferimentos, contusões, hematomas e lesões por picadas de insetos. A condição endêmica desta espécie torna o extrativismo um risco para sua perpetuação, manutenção da variabilidade genética e conservação. Assim, o conhecimento sobre as características dos diásporos e seu comportamento é fundamental para subsidiar estratégias de conservação e recuperação sendo essencial para protegê-las da extinção. O experimento foi conduzido no Laboratório de Sementes Florestais do DCF- UFLA, Lavras- MG. Foram coletadas sementes de 3 áreas, sendo 2 em Carrancas (Água limpa e Salto) e uma em Itumirim- MG (Morro Janela). Foram realizados testes de raio-X, germinação e curva de embebição. No teste de raio-X, devido a grande quantidade de cipselas vazias foi necessário o uso do soprador e após isto foi obtido uma média de 42% de sementes cheias (com embrião formado). No teste de germinação observou-se que a área Morro Janela (A1) apresentou os maiores valores em relação ao número de sementes germinadas diferindo estatisticamente das demais áreas; valores similares foram encontrados ao analisar a formação de plântulas sendo que A1 também apresentou o maior número. As curvas de embebição mostraram uma fase I com duração média de 3 horas; na área Morro Janela nota-se a mudança da fase II para a III a partir de 272 horas de embebição; nas áreas de Carrancas as sementes atingiram a fase II a 322 e 346 horas.

Palavras- chave: Conservação. Germinação. Embebição. Arnica. Cipselas.

ABSTRACT

Assessment of quality of diasporas *Lychnophora pinaster* Mart. in rocky fields south of Minas Gerais. The *Lychnophora pinaster* Mart., is a species highlighted in the rocky fields of Minas Gerais to be widely used in wounds, contusions, bruises and injuries by insect bites treatments. The condition of this endemic species makes extraction a risk to its perpetuation, maintenance of genetic variability and conservation. Thus, knowledge about the characteristics of diasporas and their behavior is essential for developing strategies for the conservation and recovery is essential to protect them from extinction. The experiment was conducted at the Laboratory of Forest Seeds of DCF - UFLA, Lavras - MG. Seeds 3 areas, with 2 in Carrancas (Água Limpa e Salto) and one in Itumirim - MG (Morro Janela) were collected. Ray-X test, soaking and germination tests were carried curve. In the ray-X test, due to the large amount of empty cypselae required the use of a blower and it was obtained after an average of 42 % of full seeds (with embryo formed). In germination was observed that the Morro Janela area (A1) showed the highest values in relation to the number of germinated seeds differed statistically from other areas; Similar values were found by analyzing the formation of seedlings being that A1 also had the largest number. Imbibition curves showed a phase I with an average duration of 3 hours; area in Morro Janela note is the change of phase II to III from 272 hours of soaking; areas of Carrancas seeds reached the stage II 322 and 346 hours.

Keywords :Conservation.Germination.Soaking.Arnica.Cypselae.

1 INTRODUÇÃO

Os campos rupestres do Brasil ocorrem nas partes mais elevadas dos três principais sistemas orográficos da região Leste do país: Cadeia do Espinhaço, Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, sendo reconhecidos como importantes centros de endemismo da flora neotropical (EITEN, 1992; GIULIETTI et al. 1997; SAFFORD 1999; RAPINI *et al.* 2008; FIASCHI E PIRANI 2009).

O gênero *Lychnophora*, pertencente a família *Asteraceae*, contém 68 espécies nativas do Brasil, a maioria endêmica dos campos rupestres (SEMIR 1991). Conhecidas popularmente como arnica são utilizadas no tratamento de contusões, picadas de insetos e dores reumáticas, com atividade farmacológica relacionada à presença de esteróides, terpenos, lactonas e flavonóides (RUNGELER et al. 1999; BORSATO et al. 2000). Devido à sua eficácia, desde o século XVIII essa espécie tem sido coletada em abundância, o que reduziu drasticamente as populações no Brasil (CERQUEIRA et al. 1987).

Desta forma, a condição endêmica desta espécie torna o extrativismo um risco para a perpetuação de sua população, manutenção da variabilidade genética e também para a conservação das suas áreas de ocorrência. A redução da população propicia o aumento da endogamia, o que pode comprometer a sua viabilidade (ELDRIDGE E GRIFFIN 1983; PARK E FOWLER 1982). Este fato levou a SOCIEDADE BOTÂNICA DO BRASIL (1992) e ao COPAM (1997) a colocar a espécie *L. pinaster* na categoria das plantas vulneráveis à extinção em Minas Gerais.

O conhecimento sobre as características e o comportamento germinativo dos diásporos de *L. pinaster* é fundamental para subsidiar estratégias visando à conservação e recuperação de suas populações e constitui providência essencial para protegê-las contra a ameaça de extinção (LABOURIAU 1983). Para *Asteraceae*, além dos problemas associados à endogamia, é comum o

dimorfismo ou polimorfismo das cipselas, resultando em um número elevado de cipselas mal formadas e menos vigorosas, o que pode ainda mais reduzir as taxas de germinação.

Diante disso, o objetivo do trabalho foi avaliar a viabilidade e comportamento germinativo de diásporos de *Lychnophora pinaster* Mart.

2 MATERIAL E MÉTODO

Diásporos de *Lychnophora pinaster* Mart. foram coletados a partir de indivíduos distintos de três localidades, sendo duas localizadas no município de Carrancas-MG e uma no município de Itumirim-MG (Tabela 1).

Tabela 1 Dados referentes as áreas estudadas, altitude e coordenadas geográficas.

Áreas Estudadas	Município	Altitude	Coordenadas Geográficas
A 1- Morro Janela	Itumirim- MG	1200	21° 21' 28.7''S e 45° 51' 30.9'' W
A 2- Água Limpa	Carrancas- MG	1200	21° 27' 26.0''S e 44°35'50.3''W
A3- Salto	Carrancas- MG	1200	21°28'34''S e 44°37'13''W

As cipselas utilizadas no presente estudo foram coletadas no estádio relatado por Melo et al. (2009) como em processo de dispersão, devido apresentarem as características morfológicas de ausência do papus interno que é o principal indicador deste estádio (Figura 1).



Figura 1 Caracterização do estágio de coleta de cipselas de *Lychnophora pinaster* (arnica): capítulos com cipselas com e sem o papus interno, já em dispersão (A); cipselas com papus interno aderido (B); cipselas sem papus interno aderido (C).

Segundo Shimida (1985) e Marzinek (2008) o destacamento da série do papus interno é uma característica que marca o ponto de dispersão das cipselas, pois a ausência do mesmo facilita a embebição e a germinação de sementes.

Haque e Godward (1984) salientam ainda que quando as cipselas encontram-se neste estágio, ou seja, sem o papus interno, as mesmas apresentam ruptura do eixo da inflorescência, sendo esta zona de separação denominada de carpopódio. Esta região diferenciada pode constituir uma estrutura que facilita a separação do fruto do receptáculo floral, estando relacionada à dispersão.

Os testes de germinação e análise das cipselas foram conduzidos no Departamento de Ciências Florestais na Universidade Federal de Lavras (UFLA), município de Lavras, MG.

Para análise de sua viabilidade foram realizados os testes:

1- Análise de Raio-X e uso de Soprador

A princípio foi feito o teste de raios-X em 200 cipselas de cada lote (área) sendo subdivididas em 8 repetições de 25 cipselas, para cada área. Devido a pequena quantidade de cipselas cheias após o teste de raios-X (em média 4 sementes por repetição) as cipselas foram colocadas em um soprador tipo South Dakota, marca De Leo na abertura de 6 por 20 a 30 segundos, sendo o teste de raio-X realizado novamente para as cipselas que ficaram retidas no soprador.

As cipselas foram separadas em duas categorias de acordo com a morfologia interna visualizada nas radiografias: cipselas cheias (semente ocupando totalmente a cavidade do fruto) e cipsela vazia (sem formação de semente) de acordo com a ISTA (1999) (Figura 2).

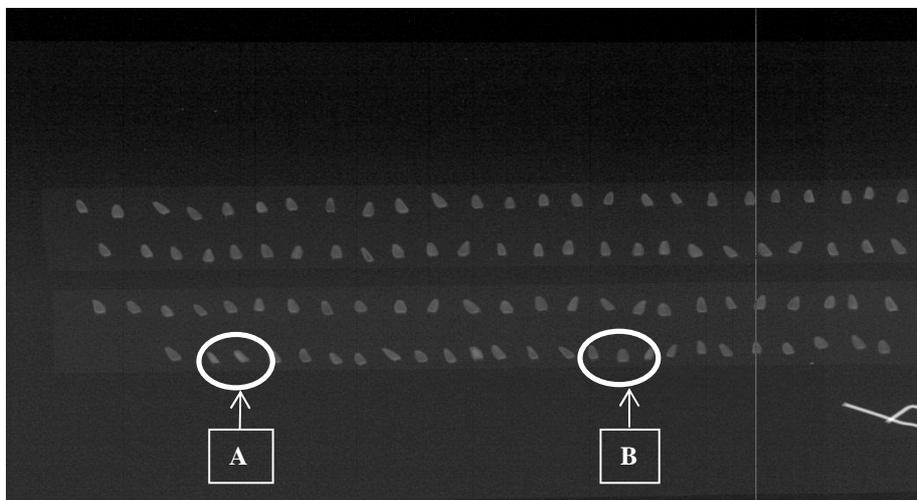


Figura 2 Radiografia de cipselas de *Lychnophora pinaster* (arnica): cipselas cheias (A); cipselas vazias (B).

2- Curva de Embebição

Para elaboração da curva de embebição, 50 sementes intactas de cada área foram colocadas para embeber em placa de petri com 2 folhas de papel mata-borrão com água em BOD a 25°C. As sementes também foram selecionadas segundo a metodologia de raios-X e soprador. Durante as primeiras 10 horas, a avaliação foi feita a cada duas horas. Depois as pesagens foram realizadas de 12 em 12 horas durante os próximos 6 dias, e a seguir a cada 24 horas até a ocorrência de protrusão de radículas e crescimento de plântulas, em tratamentos isolados para cada área. A quantidade de água foi repostada diariamente. A taxa de embebição foi medida através da determinação do aumento de massa do material após a embebição, em relação à massa inicial.

3- Teste de Germinação

Para o teste de germinação foram utilizadas 100 cipselas de cada área após passarem pelo processo de separação acima descrito, as quais foram dispostas sobre duas folhas de papel mata-borrão, em 4 repetições de 25 cipselas previamente umedecidas em água, com uma quantidade equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco, acondicionadas em placas de petri e mantidas em BOD a 25°C com luz constante.

As avaliações foram realizadas em dias alternados, registrando o número de cipselas germinadas e plântulas normais por 60 dias após a instalação do teste de germinação. Após o tempo de avaliação, as cipselas não germinadas foram avaliadas e categorizadas em vazias, cheias e mortas e suas médias e porcentagens contabilizadas.

4- Análise Estatística dos Dados

O experimento foi estabelecido em delineamento inteiramente casualizado, composto por 8 repetições de 25 sementes, para o teste de raio-X/soprador e 4 repetições de 25 para o teste de germinação, para cada área analisada. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e, quando verificada normalidade dos dados ($p > 0,05$), foi realizada a análise de variância. Dados que não apresentaram distribuição normal ($p < 0,05$) foram transformados ao arco seno de $\sqrt{x}/100$ e submetidos ao teste de normalidade. Caso normalizado, os mesmos foram analisados por meio de análise de variância. Dados que não apresentaram distribuição normal, mesmo após a transformação, foram analisados por meio do método de Modelos Lineares Generalizados (GLM). Quando constatado diferença entre os tratamentos pelo teste Chisq realizou-se o teste de Nemenyi ao nível de 5% de probabilidade.

As análises foram realizadas com auxílio do *software R for Windows* (RDCT 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de Raios-X e uso de Soprador

Os resultados referentes ao teste de raios-X das cipselas de *L. pinaster* antes e após a passagem pelo soprador se encontram na tabela 2. Pela análise de raio-X a média de cipselas vazias foi significativamente maior após o uso do soprador. No entanto, ambas as análises relataram um valor maior de cipselas vazias em relação à cipselas cheias, evidenciando que o uso do soprador foi eficiente em melhorar a qualidade do lote de sementes, mas não foi capaz de eliminar todas as estruturas vazias.

Tabela 2 Resultados referentes às análises de raio-X em cipselas de *L. pinaster* utilizando antes e depois da passagem por soprador.

Técnicas Analisadas	Cipselas Vazias		Cipselas Cheias		P	CV
	Média	%	Média	%		
Original	24,17 a	96,68	0,833 b	3,32	<0.01	8
Soprador	14,58 a	58,32	10,42 b	41,68	<0,01	16.05

*CV – Coeficiente de variação

O uso das máquinas de ar é justificado por Fonseca et al. (2003), como sendo uma técnica para a melhora da pureza física, refletindo em melhores índices de germinação e vigor das sementes. Entretanto, Melo et al. (2009) salienta que o uso de soprador de maneira isolada não é totalmente eficiente, devido a massa de sementes pequenas serem semelhantes quando estão cheias e vazias, o que justifica a utilização do raio-X. Feitosa et al (2009), estudando a espécie *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, pertencente a mesma família da espécie em estudo, obteve uma melhor qualidade das sementes

quando utilizou o soprador e o raio-x conjuntamente do que as mesmas em isolado.

Com base nas análises radiográficas após a passagem pelo soprador, o lote que se sobressaiu, revelando um maior número de sementes cheias (53%), foi o originado do município de Itumirim- MG (Morro Janela), (Tabela 3). Lotes originados das duas áreas pertencentes ao município de Carrancas – MG não apresentaram diferenças significativas entre eles tanto na produção de cipselas cheias quanto de cipselas vazias (Tabela 3).

Tabela 3 Resultados de interações referentes à produção de cipselas vazias e cheias de *Lychnophora pinaster* entre as áreas analisadas e a variação dentro de cada área.

Tratamentos	Itumirim-MG (Morro Janela)		Carrancas-MG (Água Limpa)		Carrancas -MG (Salto)	
	Médias	%	Médias	%	Médias	%
Cipselas Vazias	11,75 b A	47	16,25 a A	65	15,75 a A	63
Cipselas Cheias	13,25 a A	53	8,75 b B	35	9,25 b B	37

*A análise da interação entre os tratamentos e áreas foi significativa ($F=12.08$; $P=0.000471$), sendo assim as letras maiúsculas referem-se às diferenças dentro dos dois tratamentos em cada área e as letras minúsculas as diferentes dos dois tratamentos entre as três áreas.

Analisando cada área separadamente observa-se que em Itumirim (Morro Janela) não ocorreu diferença significativa entre a produção de cipselas cheias e vazias (Tabela 3). A área de Carrancas-MG (Fazenda Água Limpa), no entanto foi a que apresentou as maiores médias em produção de cipselas vazias (65%) e os menores em produção de cipselas cheias (35%) (Tabela 3).

Diversos autores que estudaram espécies da família Asteraceae também encontraram baixos valores quanto ao número de sementes viáveis. Achutti (1987) observou seis sementes com embrião (0,25%) em 2.300 cipselas analisadas em *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker., Bertasso-Borges e

Coleman (2005) relataram que de 3.632 sementes de *Eupatorium laevigatum* Lam., 28,2% tinham embrião e em *Eremanthus erytropappus* (DC.) MacLeish, Tonetti et al. (2006) observaram cerca de 15% de sementes contendo embriões.

Recentemente Marzinek (2008) sugeriu que uma possível causa para a baixa produção de sementes viáveis na família Asteraceae esteja relacionada à escassez de recursos maternos devido à ocorrência de muitas flores em único capítulo o que acarretaria em abortos de óvulos e sementes. Esta estruturação floral foi observada em *L. pinsaster* sendo as inflorescências compostas em média de 13 a 21 capítulos com 3 a 8 flores em cada. Esse mecanismo pode gerar óvulos anormais que envolvem a proliferação do endotélio, uma falha na formação do embrião e falha no desenvolvimento do endosperma o que propicia o aborto no estágio inicial de desenvolvimento (CICHAN e PALSER 1982). Segundo Cooper & Brink (1949) e Werpachowski et al. (2004), o desenvolvimento tardio do endosperma pode estar associado à apomixia, cuja ocorrência é relatada para Asteraceae. Além disso, o desenvolvimento dos capítulos, das flores e, naturalmente, dos óvulos é centrífugo (basipétala), sendo o aborto dos capítulos e flores centrais, fenômeno comum em Asteraceae (HARRIS 1994, 1999; WERPACHOWSKI et al. 2004). Este processo de desenvolvimento foi observado para a espécie em estudo (Figura 3). Entretanto, de acordo com Lloyd (1980), o cancelamento do investimento maternal não pode ser considerado simplesmente como uma perda de reprodução potencial, ao invés disso, representa uma resposta adaptativa aos limites impostos pelos recursos disponíveis.



Figura 3 Sequência de abertura das flores e capítulas em *L. pinaster*.

Desta forma, cipselas oriundas de capítulos centrais podem ter sido coletadas em maior abundância nas áreas de Carrancas-MG, sendo uma das possíveis causas dos maiores percentuais de sementes vazias encontradas para estas áreas.

Outro fato que pode ter propiciado a produção de frutos inviáveis nas populações seria o tipo de sistema reprodutivo de incompatibilidade gametofítica presente em cerca de 63% das espécies da família Asteraceae (FERRER e GOOD-AVILA 2007), havendo assim deposição do próprio grão de pólen na região estigmática, porém não ocorrendo o desenvolvimento do tubo polínico inviabilizando a fecundação, mas induzindo a formação do fruto (Pseudogamia). Sistemas auto-incompatíveis também requerem a presença de vetores de pólen para que ocorra o processo de frutificação, o que pode ser um problema quando há ausência de polinizadores efetivos no ambiente em que estas espécies se encontram. A ausência de polinizadores parece não ser um problema para espécie em estudo, uma vez que foram observados vários

visitantes florais na época da floração, no entanto, como *L. pinaster* se apresenta em manchas densas e com muitas flores se abrindo ao mesmo tempo, pode ser que muitas não tenham sido polinizadas por pólen oriundo de outros indivíduos, acarretando na formação de frutos sem embrião. Stephenson et al. (1995) e Lane (1996) ainda salientam que para ocorrer e garantir a fertilização em Asteraceae há a necessidade de mais de 2-5 grãos de pólen, embora haja apenas um óvulo por flor. Estes autores descrevem que a necessidade de múltiplos grãos de pólen para a fertilização pode ser consequência da seleção contra o auto pólen ou da necessidade de vários grãos de pólen por estigma para que ocorra o estabelecimento da interação pólen-pistilo.

Segundo Velten e Garcia (2005) este fenômeno pode ser uma das possíveis causas da diminuição da produção de sementes viáveis em *Eremanthus*. Segundo Zangerl et al. (1991) e Warburton et al. (2000), se existir pouca diversidade genética dentro de populações, e se o fluxo gênico entre populações não ocorrer, a existência de mecanismos de auto-incompatibilidade pode resultar em pouca ou nenhuma produção de frutos, bem como produção de frutos partenocárpicos.

Muitas Asteraceae, no entanto, atraem a presença de visitantes florais que podem não estar relacionados à sua polinização e sim a predação de suas estruturas. Insetos da família Pentatomidae, Pyrgomorphidae, Romaleidae, Scarabeidae entre outros não identificados foram observados em *L. pinaster* nas três áreas estudadas e apresentaram comportamento de herbivoria, predando suas peças florais (Figura 4 e 5). Segundo Janzen (1971), diversas famílias de coleópteros encontram-se entre os principais predadores de sementes e peças florais.



Figura 4 Inseto da família A- Pyrgomorphidae e B- Scarabeidae predando as peças florais de *L. pinaster* em Itumirim- MG (Morro Janela) e Carrancas- MG (Salto), respectivamente.



Figura 5 Insetos predando brácteas e botões florais de *L. pinaster* em campo rupestre no município de Carrancas- MG (Água Limpa).

Geralmente estes insetos se alimentam das inflorescências nos estágios iniciais do seu desenvolvimento, causando ferimentos ao floema e interrompendo o fornecimento de nutrientes para as futuras sementes acarretando uma diminuição na taxa de sementes viáveis por capítulo (LOUDA e POTVIN 1995). Estes mesmos autores relatam que em *Cirsium canescens* Nutt., os capítulos superiores apresentam um

amadurecimento antecedente aos localizados na porção inferior e que, quando experimentalmente reduziu-se a interferência da herbivoria nos mesmos, uma maior produção de sementes viáveis foi conseguida, tendo em vista uma maior contribuição da parte inferior da planta. Klinkhamer et al. (1998) relata também o processo de herbivoria ocorrendo em sementes de Asteraceae ainda em estágio de amadurecimento, estando estas ainda ligadas a planta-mãe, o que pode reduzir a produção de sementes bem como inviabilizar a formação do embrião.

Plantas originadas de forma clonal frequentemente também produzem alta proporção de sementes inviáveis (BELL et al. 1993). Durante este estudo foi observado indivíduos de *L. pinaster* com dois ou mais ramos aéreos, em média 50 cm distantes um do outro e unidos por órgão subterrâneo horizontal, rentes ou a cerca de 5 cm da superfície do solo (Figura 6). Durante seu desenvolvimento foi observado a ocorrência da degeneração das raízes de ligação (Figura 6B). Estudos com espécies de Asteraceae, como *Chresta sphaerocephala* DC. e *Lessingianthus bardanoides* (Less.) H. Rob (CURY et al. 2010), *Eremanthus elaeagnus* (Mart.ex DC.) Sch. Bip. e *E. erythropappus* (DC.) MacLeish (VELTEM e GARCIA 2005) também relatam este tipo de reprodução assexuada e inferem uma alta produção de sementes sem embrião relacionadas a estes indivíduos. No entanto, Sajo e Meneses (1986 a, b) consideram este tipo de reprodução como uma importante estratégia reprodutiva quando ocorre uma restrição na produção seminal destas espécies.



Figura 6 Indivíduos de *L. pinaster* unidos por órgão subterrâneos a 5 cm do solo (A), e ao nível do solo (B e C), e a degeneração das raízes de ligação (B).

Desta forma, a soma de fatores apontados como causas de baixa produção de sementes viáveis em Asteraceae pode também ter interferido nas três populações estudadas inviabilizando a formação de frutos com embrião, uma vez que foram observados capítulos abrindo de forma basipétala, inúmeras flores em antese ao mesmo tempo e não sendo visitadas por polinizadores, interferindo desta forma no sistema reprodutivo, estruturas florais e sementes sendo predadas bem como a reprodução vegetativa.

Curva de Embebição

Nas figuras 7- 9 estão ilustradas as curvas de absorção de água de cada lote da espécie estudada, nas quais o processo de absorção de água pelas sementes evoluiu de acordo com o padrão trifásico, proposto por Bewley e Black (1994). A velocidade de embebição e o ganho de peso foram bastante rápidos na fase I e, de acordo com Carvalho e Nakagawa (2000), essa fase possui duração de uma a duas horas para a maioria das espécies. Para a espécie *L. pinaster*, a fase I foi completada em cerca de 3 horas resultando em um aumento de massa de 30% na A1, 25% na A2 e 30% na A3. Segundo Bewley e Black (1994), a fase I é denominada embebição e é consequência de potencial matricial e, portanto, processo físico, que ocorre independentemente da viabilidade ou dormência das sementes, desde que não relacionada a impedimentos físicos à entrada de água. Nesta fase, além da absorção de água, ocorre o início da respiração, acúmulo de ATP, síntese de RNAm, reparo de DNA, ativação de polissomos e síntese protéica a partir de RNAm recentemente sintetizados (CASTRO et al. 2004; TAIZ e ZEIGER 2006). Davide et al. (2008) observaram que para *Eremanthus erythropappus* (DC.) McLeish (candeia), outra espécie da mesma família, a fase I teve duração de cerca de 6 horas, porém apresentou uma elevação de massa em 80%. Já Tonetti et al. (2006) trabalhando com a mesma espécie encontraram valores percentuais de massa semelhante ao *L. pinaster*, sendo 35% de aumento do peso em 6 horas, o que demonstra que para a espécie em estudo a embebição foi rápida.

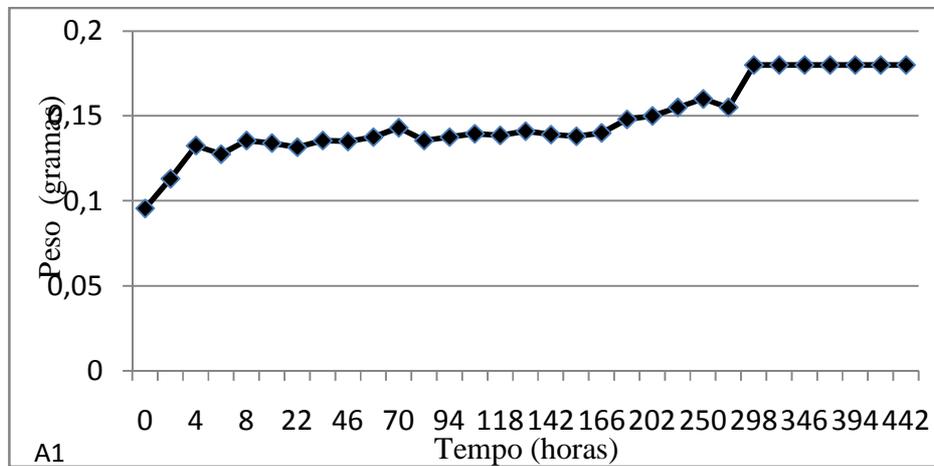


Figura 7 Curva de embebição relacionada a espécie *Lychnophora pinaster* localizada na área de Morro Janela – Itumirim - MG.

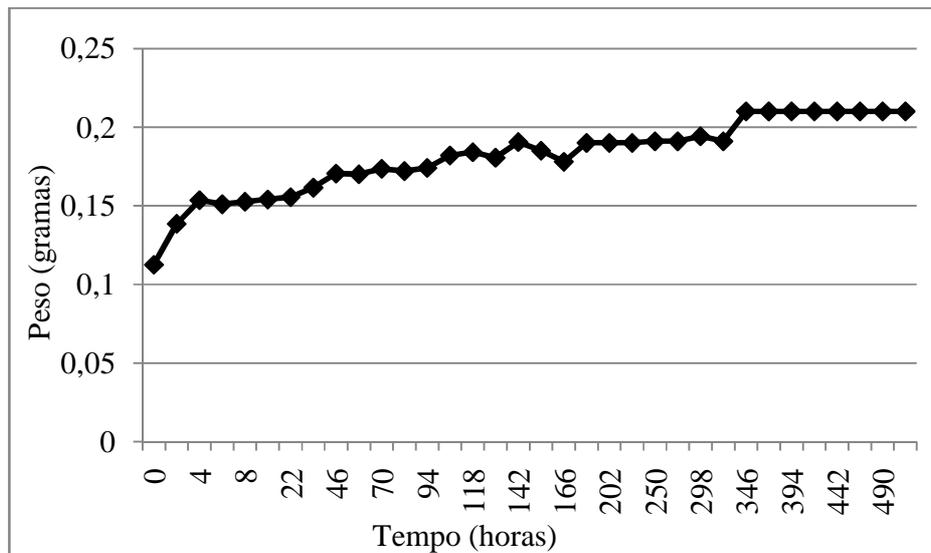


Figura 8 Curva de embebição relacionada a espécie *Lychnophora pinaster* localizada na área de Água Limpa – Carrancas - MG (A2). 50%

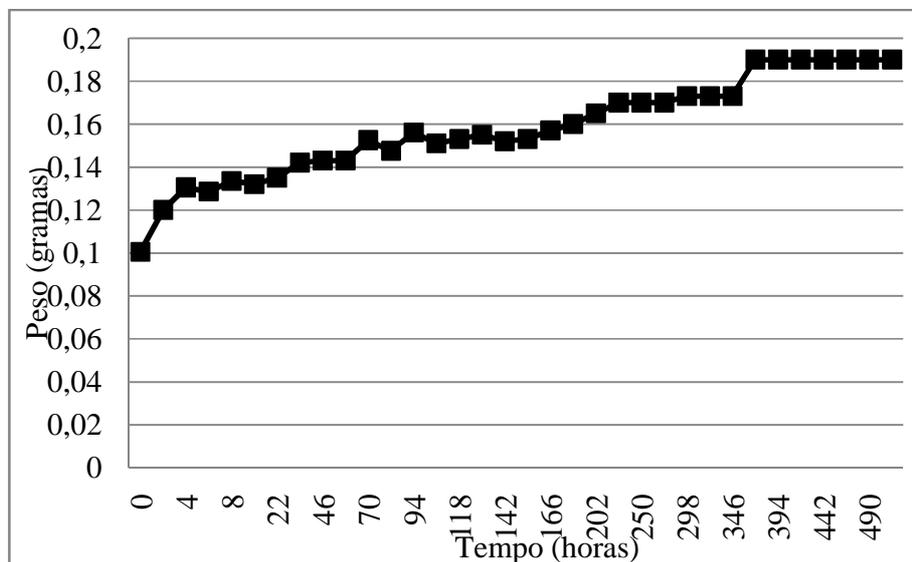


Figura 9 Curva de embebição relacionada à espécie *Lychnophora pinaster* localizada na área do Salto – Carrancas - MG (A3).

Na fase II, a semente absorve água lentamente e o eixo embrionário ainda não consegue crescer. Esta fase é denominada de estacionária ou lag, e ocorre em função do balanço entre o potencial osmótico e o potencial de pressão. Nesta fase, o nível de hidratação é mantido relativamente constante, ou aumenta pouco e muito lentamente por um período conhecido como intervalo ou fase de preparação e ativação do metabolismo (BEWLEY e BLACK 1994). Segundo estes autores é necessário uma diminuição da absorção de água na fase II para a mobilização das substâncias que foram desdobradas na fase I da região de reserva para os tecidos meristemáticos, com o objetivo de promoverem o crescimento embrionário. Em cipselas originadas de Itumirim-Morro Janela (A1) é possível perceber que esta fase teve uma duração de 298 horas (13 dias) ocorrendo um acréscimo no peso do diásporo durante este período, o que caracteriza que as sementes estão saindo da fase II e entrando na fase III, fato que também é confirmado pelo início de protrusões de radículas (Figura 9).

Nesta fase, as cipselas apresentaram um aumento na massa de 60%. A fase III é conhecida como fase de germinação pós-absorção de água e é determinada pela protrusão da raiz primária com um expressivo aumento do peso das cipselas (BEWLEY e BLACK 1994; MANZ et al. 2005). Nesse estágio, o eixo embrionário inicia seu crescimento, de maneira que as novas células em formação e crescimento exigem água, e é por isso que o conjunto semente-plântula volta a absorver grandes volumes de água (FERREIRA et al. 2009).

No entanto, para as cipselas originadas das áreas A2 e A3 localizadas em Carrancas, observa-se que as mesmas atingiram uma elevação de massa a 60% a partir das 322 horas e 346 horas (14 e 15 dias) respectivamente (Figura 10 e 11). Estes valores acima citados são mencionados por Coperland e McDonald (1999), como sendo requisitos ao final da fase I e II para espécies que apresentam sementes com reserva, devendo atingir entre 35 a 45% de água na fase I e cerca de 60% de umidade ao final da fase II, estando assim aptas em termos de umidade para adentrar a fase III.

Em candeia (*Eremanthus erythropappus*), de acordo com Davide et al. (2008), a fase III é iniciada a partir de 96 horas de embebição e as sementes apresentam uma elevação de massa da ordem de 95%. Entretanto, Tonetti et al. (2006) apresentaram diferentes valores para a candeia, tendo as sementes apresentado um acréscimo de 50% no peso em 72 horas antes de passar para a fase III. Davide et al. (2011) trabalhando com *Eremanthus incanus* (Less.) Less. encontraram valores similares aos de Tonetti et al. (2006), sendo que em 72 horas ocorreu um aumento de massa de 56%, antes de ocorrer o início da fase III. Observa-se que as sementes de *L. pinaster* obtiveram valores similares aos encontrados por Tonetti et al. (2006) e Davide et al. (2011) em relação ao incremento de massa, porém necessitando de um tempo maior para atingi-lo.

Esta absorção mais lenta de água observada em *L. pinaster* pode ser uma estratégia da espécie para sobreviver em um ambiente normalmente estressante,

como os campos rupestres. Estes ambientes, além de apresentarem uma irregularidade no regime de chuvas (ex. chuvas orográficas), devido à altitude em que se encontram, possuem solos rasos e arenosos e com muitas rochas, sendo que desta forma a água se torna rapidamente disponível (em fendas e pequenas “poças” no solo), mas secam também de forma acelerada. Nesta situação, uma rápida embebição e ganho de massa pode ser desfavorável, já que pode ocorrer logo nas primeiras chuvas, que são ainda pouco persistentes e intercaladas por períodos de seca. Sementes com ganho de massa mais lento (e conseqüente atraso na germinação) podem resultar em um efetivo estabelecimento no período onde as sementes estejam plenamente supridas por chuvas constantes e previsíveis, garantindo o estabelecimento e crescimento das plântulas. Desta forma, o ganho de massa lento, após embebição, pode ser um seguro contra chuvas iniciais, pouco previsíveis e pouco persistentes. Além do mais, Bewley e Black (1994) e Castro et al. (2004), salientam que uma alta velocidade de hidratação nem sempre é interessante para todas as espécies, uma vez que grande quantidade de água pode causar danos celulares e lixiviação ao penetrar rapidamente em sementes secas, o que interfere na integridade de suas membranas. Desta forma, sementes que não apresentaram a protrusão de radícula podem ter sofrido “dano de embebição” (BRASIL 2009).

Estudos relacionados à dormência devem ser realizados para a *L. pinaster*, pois Ferreira e Borghetti (2004) enfatizam que o prolongamento da fase II pode estar relacionado à presença de dormência nas sementes.

Teste de Germinação

A germinação das cipselas de *L. pinaster* iniciou de forma rápida, no oitavo dia. Essa rapidez é estratégia para um pronto estabelecimento das plântulas, em condições ambientais favoráveis, como por exemplo, a formação

de clareiras ou a ocorrência de chuvas, além de ser um bom indicador para avaliar a capacidade de ocupação de um ambiente (FERREIRA et al. 2001). Em contrapartida, a germinação rápida pode ser imprópria ao estabelecimento de uma espécie quando a germinação ocorrer, por exemplo, em resposta a uma chuva errática e isolada na estação seca (FERREIRA e Borghetti 2004). A dispersão dos diásporos da espécie estudada ocorreu na estação chuvosa (janeiro-fevereiro), período com condições climáticas ideais para germinação.

As cipselas coletadas em Itumirim – MG, no Morro Janela, após a passagem pelo soprador apresentaram maior germinação e maior formação de plântulas (Tabela 4, Figuras 10) que as demais áreas. Diásporos coletados em áreas de Carrancas não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 4).

Entretanto pode-se observar que as duas áreas que obtiveram menores percentuais germinativos apresentaram 62% e 58% respectivamente de cipselas inviáveis para germinação sendo destes 30% da área de Carrancas - Água Limpa e 26% da área Carrancas - Salto se encontram vazias (Tabela 4). Quanto ao número de cipselas mortas, que contribuiu para baixa taxa germinativa, as duas áreas de Carrancas obtiveram 32% e de Itumirim 14% do valor de cipselas inviáveis. Somado a estes dois fatores tanto Carrancas-Água Limpa quanto a área de Carrancas-Salto apresentaram 26% de cipselas com a presença de embrião formado, porém com um retardo na germinação diferente da área de Itumirim-Morro Janela que apresentou somente 10% (Tabela 4).

Tabela 4 Valores comparativos de médias e porcentagem da germinação, formação de plântulas normais, cipselas vazias, mortas e cheias após o tempo de 60 dias.

Variável	Itumirim-MorroJanela		Carrancas-Água Limpa		Carrancas-Salto		P	CV
	Média	%	Média	%	Média	%		
Germinação	16.5 a	66	3 b	12	4 b	16	0.034	37.94
Plântulas	16 a	64	3 b	12	3.5 b	14	0.032	38.1
Cipselas vazias	2.5 b	10	7.5 a	30	6.5 a	26	0.012	12.85
Cipselas mortas	3,5 a	14	8.0 a	32	8.0 a	32	0.054	18.84
Cipselas cheias ao final do teste	2,5 a	10	6,5 a	26	6,5 a	26	0.093	26.2



Figura 10 Teste de Germinação Morro Janela repetição 2, após 20 dias (A) e após 60 dias na B.O.D. à 25 °C e luz constante.

Segundo Melo et al. (2009), ao realizarem testes de germinação usando cipselas cheias de *L. pinaster* selecionadas pelo uso de raio-X, foram obtidos 40,5% de germinação. Ao se observar os valores obtidos no presente estudo percebe-se que os diásporos originados de Itumirim – MG obtiveram um valor germinativo maior que os trabalhos já realizados alcançando 66% de sementes com protrusão de radícula (Tabela 4). Esses resultados demonstram a eficiência do uso do soprador na separação e do raio-X na identificação de cipselas com

maior probabilidade de germinação. No entanto, as cipselas originadas de Carrancas- MG apresentaram uma média de germinação bem inferior, 12% e 16% respectivamente (Tabela 4).

Muitas outras espécies de Asteraceae também apresentaram baixa germinabilidade (CESARINO e ZAIDAN 1998; CHMIELEWSKI 1999; FALKNER et al. 1997; FERREIRA et al. 2001; FIGUEIREDO 1975; MALUF 1993; MALUF e WIZENTIER 1998; RUGGIERO e ZAIDAN 1997), sendo que alguns autores verificaram altas proporções de cipselas sem sementes (CLAMPITT 1987; RADFORD e COUSENS 2000; SASSAKI et al. 1999; WALKER e POWELL 1999), indicando que a baixa produção de cipselas férteis, resultando em baixa germinabilidade, ocorre com frequência na família.

Lawrence (1980) estudou 36 espécies de *Senecio*, e apenas 18 delas apresentaram porcentagens de germinação superiores a 85%. Ferreira et al. (2001) estudaram sementes de 13 espécies de Asteraceae, de vários gêneros, e apenas quatro mostraram porcentagens de germinação superiores a 50%. As baixas porcentagens de germinação têm sido explicadas pelo requerimento de condições ambientais específicas (LAWRENCE 1980) ou como reflexo dos elevados percentuais de sementes sem embrião, já mencionado anteriormente, difíceis de serem eliminadas dos experimentos por se apresentarem externamente uma morfologia perfeita (FIGUEREDO 1975; CLAMPITT 1987; MALUF; WIZENTIER 1998; FERREIRA et al. 2001). Esta análise realizada por estes autores justificam a baixa germinação nas áreas de Carrancas, uma vez que 30% das cipselas se encontravam vazias, mesmo após passarem por soprador, 32% das cipselas estavam mortas.

Também é citado na literatura (RODRIGUES et al 2004; APPEZZATO-DA-GLÓRIA et al. 2008; HAYASHI e APPEZZATO-DA-GLÓRIA 2009) que espécies de Asteraceae que apresentam propagação vegetativa por meio de sistemas subterrâneos da estrutura radicular, como acontece em *L. pinaster*

(Figura 6), que além disso apresentam xilopódio, possuem uma menor taxa de germinação devido a produção de cipselas sem embrião, como já citado.

Contribuindo para este baixo percentual de cipselas germinadas nas áreas de Carrancas (26% em cada) e em menor proporção em Itumirim (10%) tem-se as sementes que apresentam embrião em seu interior, porém não germinaram.

Este padrão não uniforme de germinação é em parte justificado pela presença de cipselas em diferentes fases de maturação no mesmo capítulo. Em outras espécies da família Asteraceae, isso também é muito comum (CHANDRA 1991). Contudo, essa desuniformidade dentro do mesmo capítulo floral é função da capacidade reprodutiva da espécie (MARKS e TRUSCOTT 1985), uma vez que *L. pinaster* apresentam em média 20 capítulos por incapacitescência com 3 a 8 flores em cada. Se todas as flores florescessem e frutificassem ao mesmo tempo seria um gasto energético muito grande ao indivíduo e provavelmente também não seriam todas polinizadas, uma vez que o sistema reprodutivo da grande maioria das Asteraceae (63%) é auto-incompatível e requer um vetor de pólen para que ocorra a fertilização e formação de frutos (FERRER e GOOD- AVILA 2007). Segundo Harper (1977); Dirzo e Sarukhán (1984), a desuniformidade na maturação é um indicativo da plasticidade fenotípica da espécie e pode determinar o sucesso do estabelecimento dessas, permitindo que ela sobreviva em ambiente periodicamente sujeito a alterações, como, por exemplo, irregularidades nas chuvas e aberturas de clareiras, bem como evitar competições em áreas que já ocorrem um grande número de indivíduos estabelecidos.

Aliado a este fato, outro fator que pode ter contribuído para a porcentagem de cipselas não germinadas é a estrutura do pericarpo da arnica que pode ocasionar alguma demora na entrada de oxigênio ou água, inibindo ou retardando a germinação ao longo do tempo (Figura 11). Perez-Garcia e Duran

(1987) afirmaram que, provavelmente a camada lignificada em paliçada observada na cipsela pode constituir-se obstáculo para a germinação da semente. Esta estrutura pode estar intimamente ligada à estratégia de distribuir a germinação no tempo, pois se todas germinassem imediatamente, talvez as plântulas não sobrevivesse devido aos processos já mencionados como alta competitividade por recurso, água e espaço interferindo desta forma na perpetuação da espécie (Pelton 1956; Bliss 1971). Como proposto anteriormente, estudos complementares devem ser realizados para verificar a existência de dormência, tanto tegumentar quanto endógena nesta espécie e possíveis formas de superá-la.



Figura 11 Aspecto da semente, cipsela e pericarpo de *Lychnophora pinaster* (arnica).

Fonte: MELO et al. (2009)

Outros dois fatores importantes para o comportamento germinativo de várias espécies entre as de Asteraceae, dizem respeito a: (a) História da planta-mãe e dos estresses sofridos durante o desenvolvimento das sementes. Isto pode alterar drasticamente o comportamento germinativo das cipselas. Neste caso é necessário um período de acompanhamento mais longo e constante dos

indivíduos para se inferir ; (b) Dimorfismo ou polimorfismo das cipselas (PEREZ-GARCIA 1993; BAI e ROMO, 1994). Este fenômeno é comum nos capítulos de Asteraceae (MCEVOY 1984; TANOWITZ et al. 1987; VENABLE et al. 1987; IMBERT et al. 1996; ROCHA 1996; AMARAL e TAKAKI 1998). As variações podem não ser só quanto à forma, mas também quanto à pigmentação das cipselas (RANDI e FELIPPE 1980). No entanto, não foram utilizados estes critérios para a separação das cipselas neste estudo. Também não houve controle das condições de desenvolvimento das sementes na planta-mãe, já que as coletas foram expedidas e realizadas numa única ocasião para a espécie em cada área.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diásporos de *L. pinaster* são dispersas com grande proporção de estruturas vazias e o uso de raio-X aumentou significativamente a eficiência da triagem de sementes para a avaliação da viabilidade destes diásporos e o uso do soprador removeu parte das cipselas vazia, melhorando a qualidade dos lotes.

Vários são os fatores que podem ter sido determinantes na alta produção de cipselas chochas ou mal formadas como capítulos abrindo de forma basipétala, inúmeras flores em antese ao mesmo tempo e não sendo visitadas por polinizadores, interferindo desta forma no sistema de auto-incompatibilidade, estruturas florais e sementes sendo predadas bem como a reprodução vegetativa. Como são diversos fatores interagindo e difícil determinar especificamente a principal causa da inviabilidade em *L. pinaster*.

A germinação foi relativamente baixa, provavelmente devido a desuniformidade no florescimento e, conseqüentemente, da maturação das cipselas, sendo isto uma estratégia, adotada por algumas espécies não domesticadas, de distribuir a germinação no tempo, garantindo assim a perpetuação da espécie para adaptação e tolerância às adversidades ambientais.

O padrão de embebição da semente ocorre de forma rápida na fase I (3 horas), porém na fase II, a água adentra mais lentamente, ocorrendo um período de 298 a 346 horas para que se aumente a massa à cerca 60%, valor este necessário para que ocorra a protrusão da radícula.

O conhecimento dos fatores que regulam pequenas populações é crítico para a conservação de espécies raras (QUILICHINI e DEBUSSCHE 2000; DE LANGE e NORTON 2004) e é fundamental para o entendimento da dinâmica das espécies vegetais e da comunidade (BROWN et al. 2003). *L. pinaster* apresenta distribuição restrita aos campos rupestres de Minas Gerais e estão ameaçadas de extinção, por apresentarem populações pequenas submetidas

à coleta predatória. Os resultados sugerem que o endemismo de *L. pinaster* aos campos rupestres pode ser determinado pelas características que a espécie apresenta, sendo as condições germinativas de suas sementes uma delas. Este fato se justifica devido a necessidade de condições ambientais específicas para o início do processo germinativo e estabelecimento da plântula. Apesar disso, nem todas as populações de *L. pinaster* encontram em áreas de preservação, o que torna a espécie mais suscetível à extinção, em virtude da grande exploração comercial. Desta forma, baseado-se nas informações obtidas, é necessário o desenvolvimento de um plano de manejo para a conservação dessa espécie.

REFERENCIAS

ACHUTTI, M.H.C. 1978. **Aspectos morfológicos e anatômicos dos sistemas aéreo e subterrâneo e o óleo essencial das folhas de *Piptocarpha rotundifolia* (Less.) Baker (Compositae)**. PhD Thesis, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

AMARAL, A.; TAKAKI, M. 1998. Achene dimorphism in *Bidens pilosa* L. (Asteraceae) as determined by germination test. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, 41(1): 11-16.

APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CURY, G.; MISAKI-SOARES, M.K.; HAYASHI, A.H. e ROCHA, R. 2008. Underground systems of Asteraceae species from the Brazilian Cerrado. **J. Torrey Bot. Soc.**, 135, 103–113.

BAI, Y.; ROMO, J. T. & YOUNG, J. L. 1995. Influences of temperature, light and water stress on germination of fringed sage (*Artemisia frigida*). **Weed Science**, 43: 219-225.

BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C. 1979. The germination strategy of oldfield *Aster* (*Aster pilosus*). **American Journal of Botany**, 66 (1): 1-5.

BELL, D. T.; PLUMMER, J. A.; TAYLOR, S. K. 1993. Seed germination ecology in southwestern Western Australia. **Bot. Rev.**, 59, 286-305.

BERTASSO-BORGES, M.S. e COLEMAN, J.R. 2005. Cytogenetics and embryology of *Eupatorium laevigatum* (Compositae). **Genet. Mol. Biol.**, 28, 123-128.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. 1994. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum Press, 445p.

BLISS, L. C. 1971. Arctic and alpine plant life cycles. **Annual Reviews of Ecology and Systematics**2: 405–438.

BORSATO, M. L. C.; GRAEL, C. F. F.; SOUZA, G. E. P.; LOPES, N. P. 2000. Analgesic activity of the lignans from *Lychnophora ericoides*. **Phytochemistry**, 55: 809-813.

BRASIL. 1992. Ministério da Agricultura. Escritório de Meteorologia. **Normas climatológicas: 1961-1990**. Brasília: SNI/INME, 84p.

BRASIL. 1992. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Ambiental. 365 p.

BROWN, J.; ENREGHT, N. J.; MILLER, B. P. 2003. Seed production and germination in two rare three common co-occurring *Acacia* species from south-east Australia. **Austral Ecology**, 28(3): 271-280.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. 2000. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: FUNEP. 588p.

CASTRO, R. D. de; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.. 2004. Embebição e Reativação do Metabolismo. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed. p. 152-153.

CERQUEIRA, M.B.S.; SOUZA, J.T., JÚNIOR, R.A.; PEIXOTO, A.B.F. Ação analgésica do extrato bruto aquoso liofilizado do caule e folhas de *Lychnophora ericoides* Mart. 1987. **Ciência e Cultura**, 39 (5/6): 551-553.

CESARINO, F.; ZAIDAN, L. B. P. 1998. *Vernonia cognata* Less. (Asteraceae): armazenamento e viabilidade dos aquênios. **Hoehnea** 25(1): 59-70.

CHMIELEWSKI, J. G. 1999. Consequences of achene biomass, within-achene allocation patterns, and pappus on germination in ray and disc achenes of *Aster umbellatus* var. *umbellatus* (Asteraceae). **Canadian Journal of Botany**, 77: 426-433.

CICHAN, M.A. e PALSER, B.F. 1982. Development of normal and seedless achenes in *Cichorium intybus* (Compositae). **Am. J. Bot.**,69: 885-895.

CLAMPITT, C. A. 1987. Reproductive Biology of *Aster curtus* (Asteraceae), a pacific northwest endemic. **American Journal of Botany** 74: 941-946.

COOPER, D. C.; BRINK, R. A. 1949. The endosperm-embryo relationship in an autonomous apomitic *Taraxacum officinale*. **Botanical Gazette**, 111: 139-53.

COPAM - CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL. **Lista das espécies ameaçadas de extinção da flora do Estado de Minas Gerais**. Deliberação COPAM 85/97. Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/listas-mg/MG-espécies-Flora_ameaçadas.pdf Acesso em: 15 março. 2011.

COPERLAND, L. O.; MCDONALD, M. B. 1999. **Principles of seed science and technology**. London: Kluwer Academic. 409 p.

CURY, G.; NOVENBRE, A.D.L.C; APEZZATO DA GLÓRIA, B. 2010. **Seed Germination of *Chresta sphaerocephala* DC. And *Lessingianthus bardanoides* (Less.) H. Rob. (Asteraceae) from Cerrado.** **Braz. Arch. Biol. Technol.** 53 (6): 1299-1308.

DAVIDE, A. C.; SILVA, C. S. J.; SILVA, E. A. A.; PINTO, L. V. A. P.; FARIA; J. M. R. 2008. Estudos morfo- anatômicos, bioquímicos e fisiológicos durante a germinação de sementes de candeia (*Eremanthus erythropappus*) (DC). MacLeish1, **Revista Brasileira de Sementes**, 30 (2): 171-176.

DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; DA SILVA, E. A. A. 2011. Improvement to the physical quality and imbibition pattern in seeds of candeia (*Eremanthus incanus* (Less.)Less.). **Cerne**, 17(3), 321-326.

DE LANGE, P. J.; NORTON, D. A. 2004. The ecology and conservation of *Kurzea sinclairii* (Myrtaceae), a naturally rare plant of rhyolitic rock outcrops. **Biological Conservation**, 117: 49-59.

DIRZO, R.; SARUKHÁN, J. 1984. **Perspectives on plant population ecology**. Sinaur Associates Inc, Sunderland.

EITEN, G. 1992. Natural Brazilian vegetation types and their causes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 64:35-65.

ELDRIDGE, K. G.; GRIFFIN, A. R. 1983. Selfing effects in *Eucalyptus regnans*. **Silvae Genetica**. Frankfurt, 31: 216-221.

FALKNER, M. B.; LAVEN, R. D.; APLET, G. H. 1997. Experiments on germination and early growth of three rare and endemic species of Hawaiian *Tetramolopium* (Asteraceae). **Biological Conservation**, 80: 39-47.

FEITOSA, S. S.; DAVIDE, A. C.; TONETTI, O. A. O.; FABRICANTE, J. R.; LUI, J. J. 2009. Estudos de viabilidade de sementes de candeia *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish por meio de testes de germinação e raios X. **FLORESTA**, Curitiba, PR, 39 (2): 393-399.

FERREIRA, A. G.; CASSOL, B.; ROSA, S. G. T.; SILVEIRA, T. S.; STIVAL, A. L.; SILVA, A. A. 2001. Germinação de sementes de Asteraceae nativas no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasílica**, 15 (2): 231-242.

FERREIRA, A. G.; BORGUETTI, F. 2004. **Germinação: do básico ao aplicado**. Artmed.

FERRER, M.M. e GOOD-AVILA, S.V. 2007. **Macrophylogenetic analyses of the gain and loss of self-incompatibility in the Asteraceae.** *New Phyt.*,173: 401-414.

FIASCHI, P.; PIRANI, J. R. 2009. Review of plant biogeographic studies in Brazil. **Journal of Systematics and Evolution**, 47:477-496.

FIGUEIREDO, R. C. L. 1975. Notas preliminares sobre a germinação e ocorrência de derivados cumarínicos em aquênios de *Eupatorium pauciflorum* H.B.K. (Compositae). **Hoehnea**, 5: 47-57.

FONSECA, S. C. L.; PEREZ, S. C. J. G. A. 2003. Ação do polietileno glicol na germinação de sementes de *Adenantha pavonina* L. e o uso de poliaminas naatenuação do estresse hídrico sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, 25 (1): 1- 6.

GARCIA, Q. S.; DINIZ, I. S. S. 2003. Comportamento germinativo de três espécies de *Vellozia* da Serra do Cipó (MG). **Acta Botanica Brasílica** 17(4): 487-494.

GIULIETTI, A. M., PIRANI, J. R. & HARLEY, R.M. 1997. Espinhaço Range region, eastern Brazil. *In* Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation (S.D. DAVIS, V.H. HEYWOOD, O. HERRERA-MACBRYDE, J. VILLA-LOBOS & A.C. HAMILTON, eds.). Information Press, Oxford, 3: 397-404.

GRIME, J. P. et al. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. **Journal of Ecology**, 69 (3): 1017-1059.

HAQUE, M. Z.; GODWARD, M. B. E. 1984. New records of the carpopodium in Compositae and its taxonomic use. **Botanical Journal of the Linnean Society**, 89: 321-40.

HARPER, J. L.; LOVELL, P. H.; MOORE, K. G. 1970. The shapes and size of seeds. **Annual Review of Ecology and Systematics** 1: 327-356.

HARRIS, E. M. 1994. Developmental evidence for syncephalia in *Lagascea* (Heliantheae; Asteraceae). **American Journal of Botany**, 81:1139-1148.

HARRIS, E. M. 1999. Capitula in the Asteridae: a widespread and varied phenomenon. **The Botanical Review**, 65(4):348-361.

HAYASHI, A.H. e APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. 2009. Resprouting from roots in four Brazilian tree species. **Rev. Biol. Trop.**, 57, 789-800.

IMBERT, E.; ESCARRÉ, J.; LEPART, J. 1996. Achene dimorphism and among-population variation in *Crepis sancta* (Asteraceae). **International Journal of Plant Science**, 157(3): 309-315.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. 1999. International rules for seed testing. **Seed Science and Technology**, Zürich, 27: 1-333, Supplement.

KLINKHAMER, P.G.L.; DE JONG, T.J. e MEIJDEN, E.V.D. 1988. **Production, dispersal and predation of seeds in the biennial *Cirsium vulgare***. *J. Ecol.*, 76, 403-411.

LABOURIAU, L. G. 1983. **A Germinação das Sementes**. Washington D.C, Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos.

LADEIRA, A. M.; ZAIDAN, L. B. P.; FIGUEREDO-RIBEIRO, R. C. 1987. *Ageratum conyzoides* L. (Compositae): Germinação, floração e ocorrência de derivados fenólicos em diferentes estágios de desenvolvimento. **Hoehnea**, 14 (1): 53-62.

LANE, M. A. 1996. Pollination biology of Compositae. **In Compositae: Biology and utilization** (P. D. S. CALIGARI; D. J. N. HIND, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, p.61-80.

LAWRENCE, M. E. 1980. *Senecio* L. (Asteraceae) in Australia: Chromosome numbers and the occurrence of polyploidy. **Australian journal of botany**, 13: 345-353.

LEISHMAN, M. L.; WRIGHT, I. J.; MOLES, A. J. & WESTOBY, M. 1992. The evolutionary ecology of seed size. In: M. Fenner. **Seed: The ecology of regeneration in plant communities**. UK, CAB International. Pp. 31-57.

LLOYD, D.G. Sexual strategies in plants. I. An hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. **NewPhyt.**, 86, 69-79.

LOUDA, S. M. e POTVIN, M. A. 1980. **Effect of inflorescence-feeding insects on the demography and lifetime of a native plant.** *Ecology*, 76, 229-245. 1995.

MALUF, A. M. 1993. Efeito da temperatura e luz na germinação de sementes de duas populações de *Vernonia polyanthes* (Asteraceae). **Hoehnea**, 20: 133-137.

MALUF, A. M.; WIZENTIER, B. 1998. Aspectos fenológicos e germinação de sementes de quatro populações de *Eupatorium vauthierianum* DC. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Botânica**, 21 (3): 247-257.

MANZ, B.; MÜLLER, K.; KUCERA, B.; VOLKE, F.; LEUBNER-METZGER, G. 2005. Water uptake and distribution in germinating tobacco seeds investigated in vivo by nuclear magnetic resonance imaging. **Plant Physiology and Biochemistry**, 138: 1538–1551.

MARKS, T. C.; TRUSCOTT, A. J. 1985. Variation in seed production and germination of *Spartina anglica* within a zoned saltmarsh. **J. Ecol.** 73: 695-705.

MARZINEK, J. 2008. **Aspectos estruturais de órgãos reprodutivos de seis espécies de Eupatorieae (Asteraceae), com ênfase na ontogênese das cípsela e sementes**. PhD Thesis, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.

McEVOY, P. B. 1984. Dormancy and dispersal in dimorphic achenes of tansey ragwort, *Seneciojacobaea* L. (Compositae). **Oecologia**, 61: 160-168.

MELO, P. R. B., OLIVEIRA, J. A., DE CARVALHO, M. L. M., GUIMARÃES, R. M., & CARVALHO, B. D. O. 2009. Aplicação do teste de raios x no estudo da morfologia interna e da qualidade fisiológica de aquênios de arnica (*Lychnophora pinaster* Mart.). **Revista Brasileira de Sementes**, 31(2), 146-154.

PARK, Y.S.; FOWLER, D.P. 1982. Effects of inbreeding and genetic variances in a natural population of Tamarax (*Larix laricina* (Du Roi) K.Koch) in eastern Canada. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.32, p.21-26.

PELTON, J. 1956. A study of seed dormancy in eighteen species of high altitude Colorado plants. Butler University Studies, **Biology** No. 13. Butler University, Indianapolis, Indiana, USA.

PEREZ-GARCIA, F.; DURAN, J. M. 1987. Fruit anatomy of *Onopordum nervosum* Boiss (Asteraceae). **Phytomorphology**, 37: 35-48.

PEREZ-GARCIA, F. 1993. Effect of the origin of the cypsela on germination of *Onopordum acanthium* L. (Asteraceae). **Seed Science and Technology** 21: 187-195.

PONS, T. L. 1992. Seed responses to light. In: M. FENNER. **Seed: the ecology of regeneration in plant communities**. UK, CAB International. Pp. 259-284.
POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 1985. 2. ed. Brasília, DF: AGIPLAN. 289 p.

QUILICHINI, A.; DEBUSSCHE, M. 2000. Sees dispersal and germination patterns in a rare Mediterranean island endemic (*Anchusa crispa* Viv., Boraginaceae). **Acta Oecologica**, 21(6): 303-313.

RADFORD, I. J.; COUSENS, R. D. 2000. Invasiveness and comparative life-history traits of exotic and indigenous *Senecio* species in Australia. **Oecologia**, 125: 531-542.

RANDI, A. M.; FELIPPE, G. M. 1980. Detecção de esteviosídeo e substâncias gibberelínicas nos aquênios de *Stevia rebaudiana*: efeito de esteviosídeo em germinação. **Revista Brasileira de Botânica**, 3: 55-58.

RAPINI, A.; RIBEIRO, P. L.; LAMBERT, S.; PIRANI, J. R. 2008. A flora dos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, 4: 16-24.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2013. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Rocha, O. J. 1996. The effects of achene heteromorphism on the dispersal capacity of *Bidens pilosa* L. **International Journal of Plant Science**, 157(3): 316-322.

RODRIGUES, R. R.; TORRES, R. B.; MATTHES, L. A. F. e PENHA, A. S. 2004. Tree species sprouting from rootbuds in a semideciduous forest affected by fires. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 47, 127-133.

RUNGELER, R.; CASTRO, V.; MORA, G.; GOREN, N.; VICHNEWSKI, W.; PAHL, H.L.; MERFORT, I.; SCHMIDT, T. J.. 1999. Inhibition of transcription factor NF – KB by sesquiterpene lactones: A proposed molecular mechanism of action. **Bioorganic Medicinal Chemistry Letters**, Kidlington, 7: 2343-2352.

RUGGIERO, P. G. C.; ZAIDAN, L. B. P. 1997. Estudos de desenvolvimento de *Viguiera robusta* Gardn., uma Asteraceae do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, 20(1): 1-9.

SÁ E CARVALHO, C.G.; RIBEIRO, M.C. 1994. Efeitos do armazenamento e de reguladores de crescimento na germinação de *Paepalanthus speciosus*, Eriocaulaceae. **Revista Brasileira de Botânica** 17: 61-65.

SAFFORD, H. D. 1999. Brazilian páramos I. an introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography**, 26:693-712.

SASSAKI, R. M.; RONDON, J. N.; ZAIDAN, L. B. P.; FELIPPE, G. M. 1999. Germination of seeds from herbaceous plants artificially stored in cerrado soil. **Revista Brasileira de Biologia**, 59(2): 271-279.

SEMIR, J. **Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart.** 1991. (Vernoniaceae: Compositae). 515 f. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Universidade de Campinas, Campinas.

SHELDON, J. C. 1974. The behavior of seeds in soil. **Journal of Ecology**, 62 (1): 47-66.

SHIMIDA, A. 1985. Why do some Compositae have an inconsistently deciduous pappus? **Ann. Missouri Bot. Gard.** 72: 184-186.

STEPHENSON, A. G.; QUESADA, M. R.; SCHLICHTING, C. D.; WINSOR, J. A. 1995. Consequences of variation in pollen load size. Experimental and molecular approaches to plant systematic. **Monographs in Systematic Botany**, 53: 233-244.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2006.
TANOWITZ, B. D.; SALOPEK, P. F.; MAHALL, B. E. 1987. Differential germination of ray and disc achenes in *Hemizonia increacens* (Asteraceae) **American Journal of Botany**, 74(3): 303-312.

TONETTI, O. A. O.; DAVIDE, A. C.; SILVA, E. A. A. 2006. Qualidade física e fisiológica de sementes de *Eremanthus erythropappus* (DC.) Mac. Leish. **Revista Brasileira de Sementes**, 28 (1): 114-121.

VELTEN, S. B. e GARCIA, Q. S. 2005. Efeitos da luz e da temperatura na germinação de sementes de *Eremanthus* (Asteraceae), ocorrentes na Serra do Cipó, MG, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, 19: 753-761.

VENABLE, D. L.; BROWN, J. S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. **The American Naturalist**, 131(3): 360-384.

VENABLE, D. L. ; BURQUEZ, A.; CORRAL, G.; MORALES, E.; ESPINOSA, F. 1987. The ecology of seed heteromorphism in *Heterosperma pinnatum* in Central Mexico. **Ecology**, 68(1): 65-76.

WALKER, L. R.; POWELL, E. A. 1999. Regeneration of the Mauna Kea silversword *Argyroxiphium sandwicense* (Asteraceae) in Hawaii. **Biological Conservation**, 89: 61-70.

WARBURTON, M.; CROSSA, J. **Data analysis in the cimmyt applied biotechnology center: for fingerprinting and genetic diversity studies.** Mexico, DF: CIMMYT, 2000. 23p.

WERPACHOWSKI, J.S., VARASSIN, I.G.; GOLDENBERG, R. 2004. Ocorrência de apomixia e partenocarpia em algumas espécies subtropicais de Asteraceae. **Rev. Bras. Bot.**, 27, 607-613.

ZANGERL, A. R.; BEREMBAUM, M. R.; NITAO, J. K. 1991. Parthenocarpic fruits in wild parsnip: decoy defense against a specialist herbivore. **Evolutionary Ecology**, 5:136-145.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

A partir dos dados apresentados nos dois artigos foi possível observar que a espécie *L. pinaster* apresenta características que delimitam a sua reprodução como a necessidade de visitantes florais para a sua fecundação, uma vez que o sistema é auto- incompatível além de requerer mais de um grão de pólen para que ocorra a fertilização. Desta forma caso não ocorra estes mecanismos citados acima a produção de frutos se torna inviável, com alto percentual de sementes sem embrião comprometendo assim o seu processo germinativo.

Outros fatores que podem diminuir a produção de sementes viáveis e desta forma contribuir para um menor estabelecimento no ambiente, seria a presença de inflorescências complexas, onde se observa um elevado número de flores compondo o capítulo e se abrindo de forma basipétala, desta forma a distribuição de recurso pela planta mãe é minimizado nos capítulos e flores centrais. Além do mais, a presença de herbivoria tanto durante o processo de desenvolvimento das peças florais quanto durante o processo de formação dos frutos pode também contribuir para a formação de frutos sem sementes viáveis.

Contudo *L. pinaster* também desenvolveu mecanismo para aperfeiçoar e ampliar seu sucesso reprodutivo como a morfometria e morfologia floral, que permite um contato mais facilitado do polinizador com os verticilos de reprodução, a antese floral e viabilidade das estruturas reprodutivas concomitante com o maior pico de movimento dos seus polinizadores, a hercogamia, a protandria e apresentação secundária do pólen que evitam auto-fecundação, e que na sua maior proporção produzem frutos inviáveis. Além do mais, a espécie em estudo apresentou a formação de frutos por agamospermia e autopolinização o que propicia a *L. pinaster* uma reprodução mesmo que não ocorra a

fecundação ou na ausência de polinizadores em seus indivíduos, porém a viabilidade destes frutos é menor do que os produzidos por polinização cruzada.

Outra estratégia observada foi à produção de frutos juntamente a estação chuvosa, propiciando uma germinação seguida a sua dispersão e na presença de água, uma vez que foi observada a necessidade de um tempo longo de embebição para a protrusão da radícula nas sementes. Este processo também propicia a distribuição da germinação no tempo. Além do mais se suspeita da presença de dormência para a espécie o que seria mais um mecanismo que propiciaria esta distribuição impedindo a germinação de todas as sementes ao mesmo tempo, pois se todas as plântulas se desenvolvessem no mesmo momento implicaria no seu estabelecimento devido à competição por recurso e espaço no ambiente.

Entretanto, o ritmo acelerado da ação antrópica nas últimas décadas tem levado a perdas de material genético vegetal praticamente desconhecido do ponto de vista científico.

Desta forma, como os estudos sobre ecologia e a biologia de *L. pinaster* são escassos, este trabalho veio ampliar o conhecimento sobre esta espécie, a qual já se enquadra como vulnerável a extinção e se torna base para futuros estudos e planejamentos de manejo ambiental que propiciem a persistência desta espécie nos campos rupestres de Minas Gerais.

Contudo outros estudos são necessários para evitar o seu desaparecimento principalmente envolvendo manejo e variabilidade genética, pois estes conhecimentos poderão ajudar a avaliar a probabilidade de persistência das espécies nos remanescentes.