

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MONTES CLAROS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
MESTRADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

PADRÕES DE ATAQUE DE INSETOS HERBÍVOROS EM FRUTOS DE
***Acrocomia aculeata* (JACQ.) LODD. EX. MARTIUS (ARECACEAE)**

FRANCINE SOUZA ALVES DA FONSECA

Montes Claros, Minas Gerais

2008

Francine Souza Alves da Fonseca

Padrões de ataque de insetos herbívoros em frutos de *Acrocomia aculeata*

(Jacq.) Lodd. ex. Martius (Arecaceae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito necessário para a conclusão do curso de Mestrado em Ciências Biológicas.

Orientador:

Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria

Co-orientadores:

Prof. Dr. Ronaldo Reis Júnior

Prof. Dr. Dario Alves de Oliveira

Montes Claros, Minas Gerais

2008

F676p Fonseca, Francine Souza Alves da
2008 Padrões de ataque de insetos herbívoros em frutos de *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Martius (Arecaceae) / Francine Souza Alves da Fonseca. – 2008.

x, 74 fls.:il.

Orientador: Maurício Lopes de Faria.

Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual de Montes Claros.

Inclui bibliografia por capítulo.

Inclui anexo fotográfico.

Banca Examinadora: Marcílio Fagundes; Ernane Ronie Martins e Maurício Lopes de Faria.

1. *Acrocomia aculeata*. 2. Herbivoria. 3. Predação. I. Faria, Maurício Lopes de. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDU: 595.7

Ficha catalográfica elaborada por Wellington Marçal de Carvalho – CRB-6/2303
marcalwellington@yahoo.com.br

Francine Souza Alves da Fonseca

Padrões de ataque de insetos herbívoros em frutos de *Acrocomia aculeata*

(Jacq.) Lodd. ex. Martius (Arecaceae)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológica da Universidade Estadual de Montes Claros, como requisito necessário para conclusão do curso de Mestrado em Ciências Biológicas.

Orientador:_____

Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria

Examinadores:_____

Prof. Dr. Marcílio Fagundes

Prof. Dr. Ernane Ronie Martins

Data da Aprovação: __/__/2008

Montes Claros, Minas Gerais

2008

À minha mãe, pelo seu amor, carinho e confiança...

Ao Sílvia, pelo companheirismo, amor e força ...

Aos que acreditam na ciência...

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu orientador espiritual, a presença contínua em minha vida. À minha mãe Vera, a exemplo de amor, luta e coragem. Ao Sílvia, meu amado companheiro presente em importantes momentos da minha vida. A toda minha família, em especial vó Jandira, João e Tio Dema, que sempre apoiaram a minha dedicação. Ao meu grande amigo, Manoel, o esforço imensurável cedido às coletas dos frutos.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria, a cobrança silenciosa, acreditando muito no meu potencial científico e por permitir que eu explore e atinja os limites do conhecimento. Ao Professor, Dr. Ronaldo Reis Júnior, a colaboração na minha formação crítica sobre a pesquisa científica, além da imensa contribuição nos modelos e análise estatística. Ao Professor Dario Alves de Oliveira a paciência das cobranças por recurso, para a execução do trabalho. Ao Professor Rogério Marcos de Souza, diretor do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, e à Professora Luciana Castro Geresev a compreensão. Em especial ao bibliotecário do ICA/UFMG, Wellington Marçal de Carvalho pela atenção, correções e elaboração da ficha catalográfica cedidas a esse trabalho.

Aos amigos, Rodrigo, Helbert e Priscila, a força na coleta dos frutos. Às amigas, Gabriela Almeida e Fernanda Maia o apoio no Laboratório de Biotecnologia. Aos amigos, Silene Barreto, Carlos Stefenson, Hugo Bonfá e demais amigos do Laboratório de Bromatologia/UFMG, os bons momentos em nossa árdua rotina de trabalho. Às amigas, Fernanda Cândida, Patrícia Nery, Patrícia Abreu e Fabiene (Fá), o carinho e o apoio em momentos especiais. Aos amigos do ENFIR, em especial a Gê e Rose, aos momentos de oração e fortalecimento espiritual.

Ao Fernando Vaz de Mello, da UFLA a identificação dos predadores em pré-dispersão. Ao Prof. Dr. Germano Leão, da UFMG a identificação dos predadores em pós-dispersão. Ao Núcleo de Propriedade Intelectual da Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES.

A Macaúba o Verde Petróleo

*Macaúba, fruto alimentício
não fictício
Verde Petróleo
sangue vivo!
Árvore nutrida da mata verde
do Puro óleo
que sacia a sede!...
A vida é verde e amarela
eterna!...
Que floresce o pinhão manso
o nabo forrageiro
o coco macaúba
move o carro, roda, a máquina na rua...
Biodiesel ecológico
doce como mel
natural
lógico!...
Macaúba, tu és a evidência
que encanta o cerrado
o sol
a chuva
o girassol
que gira...*

Enfim coopera com a evolução da ciência.

Ademar Hugo dos Santos

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1. Fluxograma de hipóteses apresentando condições que podem favorecer a predação de frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> coletados antes e após o processo de dispersão.....	14
FIGURA 2. Mapa do Estado de Minas Gerais, com a distribuição dos pontos de coleta dos frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> , nas cinco localidades selecionadas para o estudo.....	15
FIGURA 3 Cinco áreas selecionadas para a coleta dos frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> : a) Brasília de Minas, b) Grão Mogol, c) Itacambira, d) Mirabela e e) Montes Claros.....	15
GRÁFICO 1 Efeito do número de indivíduos e do peso fresco dos frutos sobre a proporção de frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> , atacados e coletados em pré-dispersão.....	34
GRÁFICO 2 Efeito da altura da planta e do número de frutos expostos sobre a proporção de frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> , predados e coletados após-dispersão.....	53
GRÁFICO 3 Efeito do CAP da árvore, número de cachos sobre a proporção de frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> , predados e coletados após dispersão.....	53
GRÁFICO 4 Influência do ataque por herbívoros em frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> coletados antes da dispersão, sobre a proporção de frutos predados, após a dispersão.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Porcentagem de ataque em frutos pré-dispersos de <i>Acrocomia aculeata</i> imediatamente após a coleta, em cinco localidades do Norte do Estado de Minas Gerais.....	31
TABELA 2. Porcentagem dos cinco gêneros dos fungos encontrados em frutos pré-dispersos de <i>Acrocomia aculeata</i> , coletados no Norte do Estado de Minas Gerais.....	32
TABELA 3. Porcentagem de insetos encontrados nos potes, após frutos de oito meses de armazenamento, contendo frutos de <i>Acrocomia aculeata</i>	32
TABELA 4. Coeficientes de significância dos parâmetros dos modelos lineares generalizados, com distribuição de erros binomial, em relação à taxa de ataque de frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> , em cinco localidades no Norte de Minas Gerais.....	33
TABELA 5. Parâmetro estimado para explicar o efeito da distância sobre a predação de frutos pós-dispersos, usando modelos lineares generalizados, com distribuição de erros quasinomial.....	51
TABELA 6. Total de frutos coletados de <i>Acrocomia aculeata</i> , em pós-dispersão, nas cinco regiões do Norte do Estado de Minas Gerais, Brasil.....	51
TABELA 7. Parâmetros estimados para explicar os efeitos da concentração de recurso, arquitetura da planta e exposição dos frutos sobre a predação de frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> coletados após a dispersão, usando modelos lineares generalizados, com distribuição de erros quasinomial.....	52
TABELA 8. Parâmetros estimados para explicar o efeito da herbivoria dos frutos de <i>Acrocomia aculeata</i> , coletados em pré-dispersão, sobre a proporção de frutos predados, após a dispersão.....	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A. aculeata - *Acrocomia aculeata*

D - circunferência altura do peito

DIST - distância da “planta mãe”

EXM - exposição do mesocarpo

G - peso fresco do fruto

GL - grau de liberdade

GLM - modelos lineares generalizados

H - altura da árvore

H₁ - hipótese 1

H₂ - hipótese 2

H₃ - hipótese 3

MMA - modelo mínimo adequado

NC - número de cachos por árvore

NI - número de indivíduos em torno do raio de 25m da “árvore mãe”

P - probabilidade

PE - presença do herbívoro

TFA - total de frutos atacados

TFAP - total de frutos atacados em pré-dispersão

TFC - total de frutos coletados

TFCZ - total de frutos pós-dispersos coletados na distância zero

TFP - total de frutos predados

TFPZ - total de frutos predados na distância zero

V/V - volume/ volume

X - variável independente

Y - variável dependente

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL.....	11
1.1 Características gerais da palmeira <i>Acrocomia aculeata</i>	16
1.2 Referências.....	18
2.CAPÍTULO I – Herbivoria de frutos em pré-dispersão de <i>Acrocomia aculeata</i>.....	24
2.1 Resumo.....	25
2.2 Abstract.....	26
2.3 Introdução.....	27
2.4 Material e métodos.....	28
2.5 Resultados.....	31
2.6 Discussão.....	34
2.7 Referências.....	38
3.CAPÍTULO II – Predação de frutos em pós-dispersão de <i>Acrocomia aculeata</i>.....	43
3.1 Resumo.....	44
3.2 Abstract.....	45
3.3 Introdução.....	46
3.4 Material e métodos.....	48
3.5 Resultados.....	51
3.6 Discussão.....	55
3.7 Referências.....	60
4. CONCLUSÃO GERAL.....	65
ANEXOS.....	66

1 INTRODUÇÃO GERAL

Este trabalho de dissertação foi dividido em dois capítulos, que tratam dos padrões de ataque de insetos herbívoros sobre os frutos de *Acrocomia aculeata*. O primeiro capítulo apresenta o teste das seguintes hipóteses: “concentração de recurso” (ROOT, 1973) e da “aparência da planta” (FEENY, 1976) sobre os frutos pré-dispersos. No segundo capítulo, foram testadas as mesmas hipóteses, porém, com frutos pós-dispersos. Além disso, no segundo capítulo, foram avaliados a hipótese do “escape” (JANZEN, 1971a) e os efeitos do ataque por herbívoros dos frutos pré-dispersos sobre a dinâmica da predação dos frutos pós-dispersos.

Na década de 1970, Daniel H. Janzen, um dos grandes ecólogos tropicais, destacou a perda de interações bióticas em áreas tropicais sujeitas a perturbações de origem antrópica (JANZEN, 1974). Desde então, a comunidade científica passou a investigar de que maneira as interações bióticas são afetadas pela degradação ambiental. Nesse ponto, a Biologia da Conservação deixou de focar apenas a preservação de áreas naturais e vem discutindo a conservação da integridade das interações entre espécies (SECHEREST *et al.*, 2002). Dentre essa, o estudo das interações animal-planta, que envolvem predadores e dispersores de sementes, passaram a ocupar lugar central. As sementes, as flores e os frutos, por concentrarem nutrientes importantes, como carboidratos, proteínas, lipídeos e minerais, são visitados por diversos animais, principalmente insetos (FENNER *et al.*, 2002). Esses recursos são utilizados como fonte de alimento, provocando perdas na quantidade de sementes viáveis que são responsáveis pela substituição dos indivíduos nas comunidades (JANZEN, 1970). Nesse sentido, a predação e a dispersão de sementes são relações importantes para a estruturação e a manutenção da diversidade das florestas tropicais (JANZEN, 1970; CONNELL, 1971).

A dispersão de sementes, processos por meio do qual as sementes são removidas das imediações da “planta-mãe” para distâncias “seguras”, ou seja, onde a predação e competição são mais baixas, é um processo-chave dentro do ciclo de vida da maioria das plantas (HOWE, 1984). Estima-se, que nas florestas tropicais, entre 50%-90% de todas as árvores possuem os seus

propágulos dispersos por animais (zoocoria), enquanto cerca de 20%-50% das espécies de aves e mamíferos consomem frutos, ao menos durante uma parte do ano (FLEMING, 1987).

As populações são reguladas por interações do tipo competição, predação e também pela disponibilidade de recursos (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1996). Para algumas espécies vegetais, por exemplo, a predação por insetos e vertebrados pode eliminar até 100% das sementes produzidas em uma estação (FRANCISCO; GALETTI, 2003), levando as consequências importantes para a dinâmica populacional das plantas (JANZEN, 1971b). Dentre o enorme número de sementes que podem ser produzidas durante o ciclo de vida de uma planta, apenas uma pequena proporção sobrevive até o estabelecimento e o estágio adulto. A grande maioria sucumbe a predadores e/ou patógenos, antes da germinação ou no estágio de plântula (SHEPHERD; CHAPMAN, 1998). Devido à predação de sementes atuarem diretamente sobre a prole das plantas, espera-se que a seleção natural tenha desenvolvido estratégias que visem a minimizar o impacto da predação (LOUDA, 1982). Além disso, essa interação influencia a ecologia dos predadores de sementes (HULME; HUNT, 1999) e modifica a distribuição das comunidades vegetais (JANZEN, 1970).

Janzen (1970) propôs que a dispersão de sementes segue um padrão inverso ao do recrutamento das plântulas. As chances de recrutamento próximo à “planta mãe” podem ser muito baixas, devido à competição e à predação de sementes. À medida que as sementes se afastam da “planta-mãe”, maior é a probabilidade de sobrevivência das plântulas. Nesse sentido, Janzen (1970) e Connell (1971) propuseram a hipótese do “escape”. De acordo com esses autores, a intensidade de predação é maior próximo a “planta-mãe”, onde ocorre maior densidade de sementes, e assim, à medida que aumenta a distância da “planta-mãe”, essa densidade diminui, causando um decréscimo na predação das sementes.

A herbivoria, da mesma forma, constitui uma interação com importantes repercussões ecológicas e evolutivas, podendo gerar numerosos efeitos negativos no *fitness* da planta pela depressão do crescimento, do sucesso reprodutivo (CORNELISSEN; FERNANDES, 2001;

RIBEIRO; BROWN, 1999; RIBEIRO; BROWN, 2006) e da habilidade competitiva (COLEY; BARONE, 1996; RIBEIRO; BROWN, 2006). As plantas respondem aos herbívoros, desenvolvendo estratégias de defesa, baseadas na presença de compostos químicos, de barreiras mecânicas ou de associações biológicas, para escapar ou diminuir os efeitos ocasionados (WEIS; BERENBAUM, 1989). Alguns mecanismos de defesa são produzidos pelas plantas, para auxiliar na proteção contra a predação. Defesas químicas e morfológicas são responsáveis por deter grande parte dos predadores generalistas (JANZEN, 1969). Entretanto, os principais predadores que atuam antes da dispersão das sementes apresentam um maior grau de especificidade com a planta (JANZEN, 1971 a). Em alguns casos, os mecanismos de defesa química passam a ser usados como um recurso para proteção do próprio predador ou de sua prole (DUSSOURD *et al.*, 1988).

Os padrões de distribuição dos insetos herbívoros podem ser explicados pela hipótese da “concentração de recurso” (ROOT, 1973). Segundo essa hipótese, o aumento na concentração de plantas hospedeiras leva a um aumento nas densidades de ataque dos herbívoros. Dessa forma, locais com maior abundância relativa dos recursos, sustentariam maiores populações de herbívoros, quando comparados com locais onde ocorrem hospedeiros em menores densidades (LANDAU *et al.*, 1999). Essa hipótese foi apoiada nos estudos com várias espécies de insetos (DOUWES, 1968; TAHVANAINEM; ROOT, 1972; WILSON; JANZEN, 1972; CROMARTIER JR, 1975; RALPH, 1977; MEIJDEN, 1979; RAUPP; DENNO, 1979).

Estudos que envolvem palmeiras têm sido conduzidos, principalmente, com relação à biologia reprodutiva (SCARIOT; ILERAS; HAY, 1991), à predação e à dispersão de sementes (SCARIOT, 1998, 2000). No Brasil, há uma grande variedade de palmeiras que desempenham uma importante função na estruturação de sistemas ecológicos (SILVA, 1994). O pouco conhecimento das interações ecológicas nas savanas brasileiras, como, por exemplo, o Cerrado, compromete a conservação dos sistemas biológicos. Informações sobre a interação inseto-planta e o seu efeito sobre a dispersão e a sobrevivência de sementes contribuem para a compreensão das dinâmicas das populações dessas espécies.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar diferentes aspectos do ataque de insetos herbívoros sob frutos *Acrocomia aculeata*. Para tanto, os estudos foram realizados com frutos e em dois momentos distintos: antes da dispersão (pré-dispersão) e após a dispersão (pós-dispersão). Dessa forma, várias hipóteses biológicas foram testadas nesse sistema. Dentre essas se destacam: Hipótese do “escape”, como um recurso para reduzir a predação (JANZEN, 1970); Hipótese da “concentração de recurso” (ROOT, 1973); Hipótese da “aparência da planta” (FEENY, 1976). Além das hipóteses testadas neste trabalho, outros fatores que foram avaliados referentes à predação de frutos de *A. aculeata* estão organizados no fluxograma, conforme a FIG. 1:

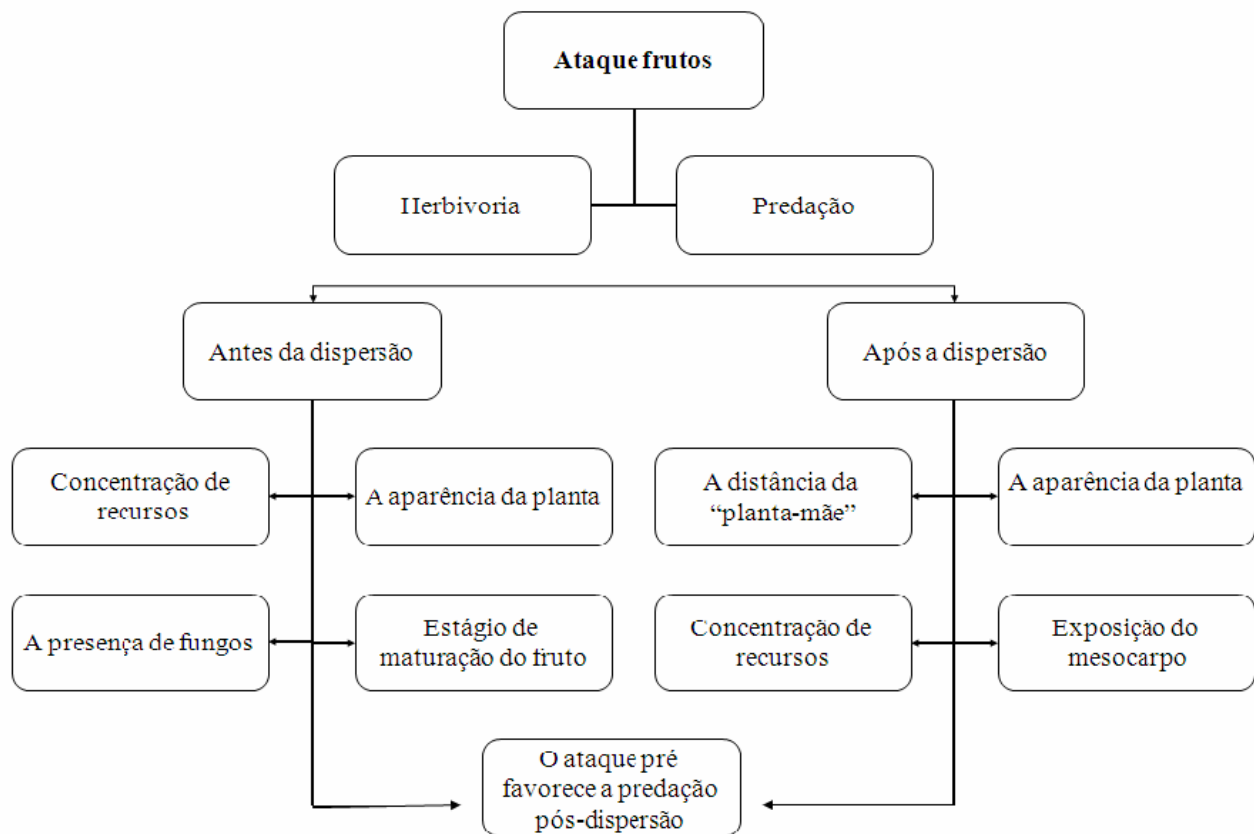


FIGURA 1- Fluxograma de hipóteses apresentando condições que podem favorecer a predação de frutos de *Acrocomia aculeata*, coletados antes e após o processo de dispersão de sementes

Para o teste das hipóteses apresentadas (FIG. 1), foram selecionadas cinco áreas distintas no Norte do Estado de Minas Gerais, conforme ilustra a FIG. 2.

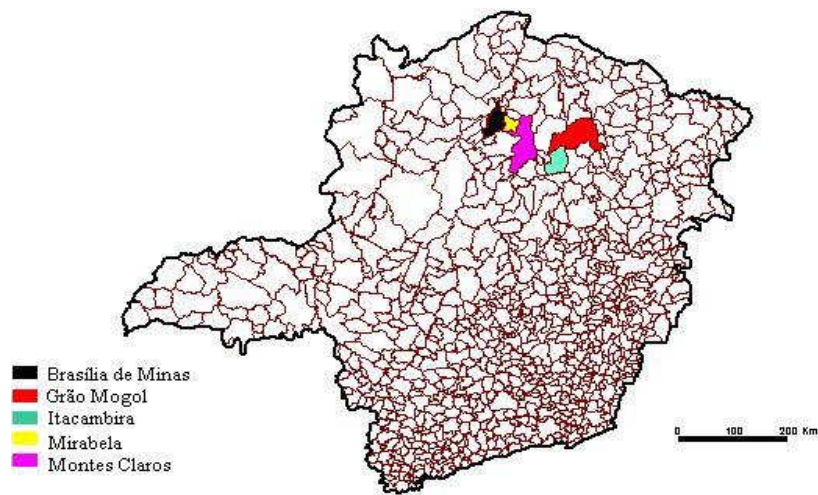


FIGURA 2- Mapa do Estado de Minas Gerais, com a distribuição dos pontos de coleta dos frutos de *Acrocomia aculeata*, nas cinco localidades selecionadas para o estudo

Quatro das cinco áreas selecionadas são propriedades rurais, exceto na região de Montes Claros-MG, onde os frutos foram coletados numa área peri-urbana da cidade (FIG. 3).



FIGURA 3- Cinco áreas selecionadas para a coleta dos frutos de *Acrocomia aculeata*: a) Brasília de Minas, b) Grão Mogol, c) Itacambira, d) Mirabela e e) Montes Claros

Fonte: FONSECA, 2007.

1.1 CARACTERÍSTICA DA PALMEIRA *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex. Martius

Dados paleontológicos indicam que as palmeiras surgiram no período Paleozóico Superior, provavelmente, a partir de um grupo de fetos com sementes. Contudo, vieram a se diferenciar melhor na Era Mesozóica, no Período Cretáceo Superior e no início da Era Cenozóica (ALVES; DEMATTÊ, 1987). *Acrocomia aculeata*, popularmente conhecida como macaúba, bocaiúva, coco catarro, pertencente à família Arecaceae, é nativa das savanas, dos cerrados e das florestas abertas de América Tropical, ocorrendo em muitas áreas antropizadas (CLEMENTE; ILERAS; VAN LEEUWEN, 2005). No Brasil, *A. aculeata* ocorre do Pará até São Paulo, Rio de Janeiro e Mato Grosso do Sul, principalmente em áreas de vegetação aberta, em cerrados, em matas semidecíduas e em florestas perturbadas (LORENZI *et al.*, 2004). Em Minas Gerais, há três grandes regiões de ocorrência de *A. aculeata*: Alto Paranaíba, Zona Metalúrgica e Montes Claros (MOTTA *et al.*, 2002).

Essa palmeira arborescente, espinhosa, com aproximadamente 15 m de altura (SCARIOT, 1998), apresenta estipe reto e cilíndrico (20 a 30 cm de diâmetro), com cicatrizes foliares anulares, característico da espécie. As folhas são alongadas, de 4 a 5 m de comprimento, com bainha, pecíolo e raque cobertos de longos espinhos agudos (LORENZI, 2002). As inflorescências de *A. Aculeata* são andrógenas, com marcada protoginia. A síndrome básica de polinização é por besouros, com o vento desempenhando um papel secundário. Os principais polinizadores são: *Andranthobius sp.* (Curculionidae), *Mystrops cf mexicana* (Nitidulidae) e *Cyclocephala fosteri* (Scarabaeidae). A despeito de ocorrer à polinização cruzada entre diferentes indivíduos, a espécie é auto-compatível com geitonogamia, respondendo por uma significativa percentagem de produção de frutos (SCARIOT; ILERAS; HAY, 1991). Os frutos são drupas globosas de 3-5 cm de diâmetro, sendo constituídos por várias partes: a casca (epicarpo); polpa ou mesocarpo; endocarpo e amêndoa (BRASIL, 1985). Quando maduros, os frutos são comestíveis, apresentam cor amarelo-esverdeado, aroma característico e podem ser coletados no chão. Nessa fase, a casca se solta facilmente, enquanto que verde, encontra-se muito aderida à polpa (ALMEIDA, 1998).

Nas condições do Brasil Central, Scariot; Ileras e Hay (1991) observaram que a floração ocorre entre agosto e novembro, com pico entre outubro e novembro, e que a queda dos frutos ocorre entre março e junho. A planta adulta produz em média quatro cachos com 300 a 500 frutos por cacho. Em populações estabelecidas em condições favoráveis, é possível a observação de plantas com até oito cachos com média de 600 frutos por cacho (SILVA, 1994).

No Estado de Minas Gerais, ocorrem grandes populações de macaúba, consideradas como economicamente promissoras (MOTTA *et al.*, 2002). Essa palmeira é utilizada para diversos fins, principalmente como fonte de alimentos e artesanato, por moradores de comunidades tradicionais (LORENZI, 2006). O valor econômico representado pela macaúba pode ser avaliado em função das amplas possibilidades de seu aproveitamento integral. O estipe é frequentemente utilizado no meio rural na confecção de calhas, moirões ou ripas. As folhas são empregadas como forrageira animal nos períodos de seca, além de matéria-prima para a produção de linhas, de cordas e de redes. Do pecíolo são confeccionados cestos, balaies e chapéus. Os espinhos, duros e resistentes, prestam-se como alfinetes para rendeiras (SILVA, 1994).

O recurso economicamente mais expressivo da macaúba é extraído do fruto. A polpa é consumida pela população humana e pelos ruminantes; o óleo da polpa e das amêndoas é usado para o consumo humano, fabricação de sabões e tem grande potencial para produção de biodiesel. O farelo da amêndoa, subproduto da extração do óleo, também denominado de torta da macaúba, pode ser empregado como componente de rações animais. O óleo da amêndoa tem potencial para as indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica. O endocarpo duro tem sido empregado como insumo energético (combustível para fogões de lenha e produção de carvão).

1.2 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S.P. **Cerrado**: aproveitamento alimentar. Planaltina: EMBRAPA-SPAC, 1998. 188 p.
- ALVES, M.R.P.; DEMATTÊ, M.E.S.P. **Palmeiras**: características botânicas e evolução. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 129 p.
- BEGON, M., HARPER, J.L.; TOWNSEND, C.R. **Ecology**: individuals, populations and communities. 3rd ed. [s.l.]: Blackwell Science, 1996.
- BRASIL – Ministério da Indústria e do Comércio. **Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais**. Brasília: STI/CIT, 1985. 364 p.
- CLEMENTE, C.R.; LLERAS PÉREZ, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociência**, Montevideu, v. 9, n. 1/2, p. 67-71, 2005.
- COLEY, P.D.; BARONE, J.A. Herbivory and plant defenses in tropical forests. **Annual Review of Ecology and Systematics**, n. 27, p. 305-35, 1996.
- CONNELL, J.H. On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine and in rain forest trees. In: DEN BOER, P.J.; GRADWELL, G.R. **Dynamics of populations**. Netherlands: Center for Agricultural Publishing and Documentation, 1971.
- CORNELISSEN, T.G., FERNANDES, G.W. Defence, growth and nutrient allocation in the tropical

shrub *Bauhinia brevipes* (Leguminosae). **Austral Ecology**, n. 26, p. 246-253, 2001.

CROMARTIER JR. The effect of stand size and vegetational background on the colonization of cruciferous plants by herbivorous insects. **Journal of Applied Ecology**, n. 12, p. 517-533, 1975.

DOUWES, P. Host selection and host finding in the egg-laying female *Cidaria albulata* L. (Lepidoptera: Geometridae). **Opuscula Entomologica**, n. 33, p. 233-379, 1968.

DUSSOURD, D.E. *et al.* Biparental defensive endowment of eggs with acquired plant alkaloid in the moth *Utetheisa ornatix*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, n. 85, p. 5992-5996, 1988.

FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. In: WALLACE, J.; MANSELL, R.L. **Biochemical interactions between plants and insects: recent advances in phytochemistry**. New York: Plenum, 1976.

FENNER, M. *et al.* Relationship between capitulum size and pre-dispersal seed predation by insect larvae in common Asteraceae. **Oecologia**, v. 130, p. 72-77, 2002.

FLECK, T.; FONSECA, C.R. Hipóteses sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis intra-específico, interespecífico e de comunidade. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 36-45, 2007.

FLEMING, T.H. Patterns of tropical vertebrate frugivore diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 18, p. 91-109, 1987.

FRANCISCO, M.R.; GALETTI, M. Massive seed predation of *Pseudobombax grandiflorum* (Bombacaceae) by Parakeets *Brotogeris versicolurus* (Psittacidae) in a forest fragment in Brazil. **Biotropica**, v. 34, p. 613-615, 2003.

HOWE, H.F. Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. **Biological Conservation**, v. 30, p. 261-281, 1984.

HULME, P.E.; HUNT, M.K. Rodent post-dispersal seed predation in deciduous woodland: predator response to absolute and relative abundance of prey. **Journal of Animal Ecology**, v. 68, p. 417-428, 1999.

JANZEN, D.H. Escape of *Cassia grandis* L. beans from predators in time and space. **Ecology**, v. 52, p. 964-979, 1971 a.

JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, p. 501-528, 1970.

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

JANZEN, D.H. Seed-eaters versus seed size, number, toxicity and dispersal. **Evolution**, v. 23, p. 1-27, 1969.

JANZEN, D.H. The deflowering of Central America. **Natural History**, v. 83, p. 49-53, 1974.

LANDAU, E.C. *et al.* Riqueza e abundância de herbívoros em flores de *Vellozia nivea*

(Velloziaceae). **Acta Botânica Brasilica**, v. 12, n. 3, p. 403-409, 1999.

LORENZI, G.M.A.C. *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. – **Arecaceae**: bases para o extrativismo sustentável. 2006. 156 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H. *et al.* **Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2004. 416 p.

LOUDA, S.M. Seed predation and seedling mortality in the recruitment of a shrub, *Haplopappus venetus* (Asteraceae) along a climatic gradient. **Ecology**, v. 64, p. 511-521, 1982.

MEIJDEN, E.V.D. Herbivore exploitation of a fugitive plant species: local survival and extinction or the cinnabar moth and ragwort in a heterogenous environment. **Oecologia**, v. 42, p. 307-323, 1979.

MOTTA, P.E.F. *et al.* Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 37, n. 7, p. 1023-1031, 2002.

RALPH, C.P. Effect of host plant density on population of a specialized seed sucking bug, *Oncopeltus fasciatus*. **Ecology**, n. 58, p. 799-809, 1977.

RAUPP, M.J.; DENNO, R.F. The influence of patch size on a guild of sap-feeding insects that inhabit the salt marsh grass *Spartina patens*. **Environmental Entomology**, v. 8, p. 412-417, 1979.

RIBEIRO, S.P.; BROWN, V.K. Insect herbivory within tree crowns of *Tabebuia aurea* and *T. ochracea* (Bignoniaceae): contrasting the Brazilian cerrado with the wetland 'Pantanal Matogrossense'. **Selbyana**, v. 120, p. 159-170, 1999.

RIBEIRO, S.P.; BROWN, V.K. Prevalence of monodominant vigorous tree populations in the tropics: herbivory pressure on *Tabebuia* species in very different habitats. **Journal of Ecology**, v. 94, p. 932-941, 2006.

ROOT, R.B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, v. 34, n. 1, p. 95-124, 1973.

SCARIOT, A. Seed dispersal and predation of the palm *Acrocomia aculeata*. **Principes**, v. 42, p. 5-8, 1998.

SCARIOT, A. Seedling mortality by litterfall in Amazonian forest fragments. **Biotropica**, v. 32, p. 662-669, 2000.

SCARIOT, A.; ILERAS, E.; HAY, J. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in central Brazil. **Biotropica**, v. 23, p. 12-22, 1991.

SECHREST, W.T.M. *et al.* Hotspots and the conservation of evolutionary history. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 99, p. 2067-2071, 2002.

SHEPHERD, V.E.; CHAPMAN, C.A. Dung beetles as secondary seed dispersers: impact on seed predation and germination. **Journal of Tropical Ecology**, v. 14, p. 199-215, 1998.

SILVA, J. C. Macaúba: fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial. Viçosa: CEDAF/DEF/UFV, 1994.

TAHVANAINEN, J.O.; ROOT, R.B. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore: *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). **Oecologia** v. 10, p. 321-346, 1972.

WEIS, A.E.; BERENBAUM, M.R. Herbivorous insects and green plants. **Plant-Animal Interactions**. New York: Mc Graw-Hill, 1989. p. 123-162.

WILSON, D.E.; JANZEN, D.H. Predation on *Scheelea* palm seeds by bruchid beetles: seed density and distance from the parent palm. **Ecology**, v. 53, p. 954-959, 1972.

CAPÍTULO I

Herbivoria em frutos pré-dispersos de

Acrocomia aculeata

2.1 RESUMO. FONSECA, Francine Souza Alves. Ms. Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros. Maio, 2008. **Herbivoria em frutos pré-dispersos de *Acrocomia aculeata*.** Orientador: Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria. Co-orientadores: Prof. Dr. Ronaldo Reis Júnior e Prof. Dr. Dario Alves de Oliveira.

O ataque nos frutos pré-dispersos ocorre antes do propágulo ser disperso pela planta-mãe. As principais causas de mortalidade de óvulos e sementes, durante a fase de pré-dispersão, são: ineficiência de polinização, deficiência de recursos da planta mãe para maturar o total de óvulos fecundados, aborto de frutos, devido a combinações gênicas deletérias e à perda de frutos e de sementes por predação ou demais agentes patogênicos. O objetivo deste trabalho foi testar a hipótese da aparência da planta e da concentração de recurso em frutos pré-dispersos. Para isso, foram utilizadas como variáveis independentes (x): número de indivíduos em torno de um raio de 25m, número de cachos por árvore, altura árvore, peso fresco do fruto e como a variável dependente do modelo (y): presença do predador/ total de frutos predados. A coleta foi realizada no período de novembro a dezembro 2006, em cinco diferentes localidades. Vinte indivíduos de *Acrocomia aculeata* foram marcados, em cada uma das cinco áreas de estudo, estabelecendo uma distância mínima de 50 metros entre eles. Foram coletados 960 frutos diretamente do cacho, em diferentes estágios de maturação. Os frutos foram mantidos em um ambiente controlado, para que os possíveis insetos predadores pudessem emergir. No final de oito meses, os frutos foram inspecionados e os insetos emergidos, coletados. Foram encontrados cinco tipos diferentes de insetos, além de fungos. Todas as análises foram realizadas com o software R 2.5, via modelos lineares generalizados (glm), seguidas de análise de resíduo, para verificar a adequação da distribuição e ajuste do modelo. Com os resultados, foi possível concluir que a proporção de frutos atacados sofre a influência da concentração de recurso e da aparência da planta, corroborando, assim, as hipóteses testadas. Além disso, a biomassa dos frutos influencia diretamente a proporção de ataque dos frutos pré-dispersos.

2.2 ABSTRACT. FONSECA, Francine Souza Alves. Ms. of Biological Sciences. Universidade Estadual de Montes Claros. May 2008. **Herbivoria in pre-dispersed *Acrocomia aculeata* fruits.** Advisor: Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria. Co-advisor: Prof. Dr. Ronaldo Reis Júnior, and Prof. Dr. Dario Alves de Oliveira.

Attack on pre-dispersed fruits occurs before the propagules are dispersed by the mother plant. The main causes of egg and seed mortality during the dispersion phase are: inefficiency of pollination, mother plant nutrient deficiency so that it cannot mature the total amount of fertilized eggs; fruit abortion due to deleterious gene combinations, and loss of fruits and seeds due to predation or other pathogenic agents. This study was aimed at testing the hypotheses of plant appearance and resource concentration in pre-dispersed fruits. Two independent variables (x) were used: the number of trees in a 25 m radius, the number of bunches in each tree, tree height and fresh fruit weight. The dependent variable (y) was: presence of predator/ the total of preyed fruit. The fruits were collected in November–December 2006 in five different places. Twenty *Acrocomia aculeata* trees were chosen in each place; they were at least 50 m from each other. 960 fruits were picked from bunches in different stages of maturity, and then kept in a controlled environment so as to favor the emergency of predator insects. Eight months later fruits were inspected, and the emerged insects were caught. Besides fungi, five kinds of different insects were found. All analyses were carried out by using an R 2.5 software through generalized linear models (GLM) followed by residual analysis in order to verify the adequacy of distribution and model adjustment. It was possible to conclude that the ratio of attacked fruits is influenced by the resource concentration and plant appearance, corroborating the tested hypotheses. Furthermore, the fruit biomass directly influences the attack ratio in pre-dispersed fruits.

2.3 INTRODUÇÃO

Herbivoria pode ocasionar uma redução de tecidos fotossintéticos nas plantas por consumidores de vários grupos animais (DIRZO, 1980). Os invertebrados compreendem a grande maioria desses animais, dentre os quais se destacam os insetos (STRONG; LAWTON; SOUTHWOOD, 1984). Vários estudos foram propostos para explicar os padrões de distribuição e diversidade de insetos herbívoros, a fim de elucidar processos ecológicos importantes para a biologia da conservação (HERMS; MATTSON, 1992; FAGUNDES, 2004).

Em plantas da mesma espécie, o ataque por herbívoros pode variar, mesmo quando indivíduos apresentarem o mesmo porte e estiverem distribuídos no mesmo ambiente (SARI; COSTA-RIBEIRO, 2005). A intensidade do ataque em frutos, antes do processo de dispersão, é extraordinariamente variável, muito dependente da resistência de cada árvore e das condições do habitat, podendo mostrar-se diferente de um ano para outro. No entanto, é provável que uma espécie que sofra um ataque em pré-dispersão tenha uma subsequente mudança em seus padrões de recrutamento demográfico e microgeográfico (JANZEN; VÁSQUEZ-YANES, 1988).

Os principais animais que atacam frutos, antes da dispersão dos propágulos, são espécies de pássaros, insetos, morcegos e roedores (KJELLSSON, 1985). Alguns fatores podem contribuir para a mortalidade de óvulos e de sementes de frutos pré-dispersos: ineficiência de polinização, deficiência de recursos da “planta-mãe”, para maturar o total de óvulos fecundados, aborto de frutos em função de combinações gênicas deletérias e perda de frutos de sementes, por ataque de herbívoros ou agentes patogênicos (FENNER, 1985).

O ataque de herbívoros em frutos pré-dispersos é, em muitos casos, dependente da concentração de recursos locais (ROOT, 1973), densidade de recurso local (JANZEN, 1970) e da aparência da planta (FEENY, 1976). Na verdade, a importância da densidade como fator modulador da predação é um paradigma para estudos de dispersão e predação de sementes (HOWE; SCHUPP; WESTLEY, 1985). De fato, espera-se que, com o aumento da densidade do recurso, as probabilidades dos herbívoros encontrarem uma parcela favorável também aumentam (ROOT,

1973). Além disso, parcelas com recursos mais abundantes proporcionam o estabelecimento por um intervalo de tempo maior de populações de herbívoros, diminuindo os riscos de extinção local (ROOT, 1973). Da mesma forma, plantas que ocorrem em grandes densidades tendem a ser mais facilmente localizadas por seus herbívoros associados, aumentando a taxa de ataque (JANZEN, 1970). A aparência, formalizada por Feeny (1976), sugere que plantas maiores, perenes, em parcelas homogêneas são mais atacadas do que aquelas menores, anuais, e em parcelas heterogêneas.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os padrões de herbivoria dos frutos de *Acrocomia aculeata*, antes do processo de dispersão. Assim, foram testadas as seguintes hipóteses: “concentração de recurso” (ROOT, 1973), a qual prediz que, em populações com maior concentração de recursos, a taxa de ataque de herbívoros é maior e a hipótese da “aparência da planta” (FEENY, 1976), que prediz que indivíduos mais aparentes são mais suscetíveis ao ataque por herbívoros. Além dessas duas hipóteses, foi verificada a interferência da biomassa dos frutos (CAMPOS, 2006) sobre a proporção de ataque e a presença de fungos em frutos pré-dispersos. Era esperado que, nos locais com maior concentração de recursos, com árvores e frutos mais aparentes, a proporção de ataque por herbívoros fosse mais intensa.

2.4 MATERIAL E MÉTODOS

2.4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em cinco localidades do Norte do Estado de Minas Gerais: Montes Claros (16°44'6"S 43°51'43" O), Brasília de Minas (16°12'28"S 44°25'44" O), Mirabela (16°15'46"S 44°9'50" O), Grão Mogol (16°33'32"S 42°53'24" O) e Itacambira (17°03'54"S 43°18'32" O). A região do Norte do Estado de Minas Gerais se caracteriza pelo clima tropical semi-árido (FILHO; BUENO, 2004), sendo um importante centro de distribuição de *A. aculeata* (MOTTA *et al.*, 2002). No período de realização das coletas (novembro e dezembro de 2006) as

localidades apresentaram índice pluviométrico médio de 235 mm chuva; 78% umidade relativa e temperatura média de 24° C. Dos cinco sítios de coleta, quatro foram em áreas de pastagem localizadas dentro de propriedades rurais particulares, exceto em Montes Claros, em que a coleta foi realizada na área peri-urbana da cidade.

2.4.2 COLETA DOS FRUTOS

No período de novembro e dezembro de 2006, dez árvores da palmeira *A. aculeata* foram selecionados em cada uma das cinco áreas de estudo, totalizando cinquenta indivíduos. Com o auxílio de um coletor, foram retirados 20 frutos diretamente do cacho, independente do estágio de maturação e armazenados em sacos plásticos identificados. Os frutos foram levados para ao Laboratório Ecologia Evolutiva, onde foram estimados os parâmetros, como: peso, altura, diâmetro e observada a ocorrência de ataque por inseto no epicarpo. De cada uma das dez árvores selecionadas para o estudo, nas cinco localidades, foram mensuradas: a circunferência do estipe (CAP), com auxílio de uma trena; a contagem visual do número de cachos e a altura da árvore, com o auxílio de um clinômetro. Além dessas informações, foi contado o número de indivíduos de *A. aculeata* em torno de um raio de 25 metros da “árvore-mãe”. A altura média das árvores de *A. aculeata* selecionadas para o estudo foi de 6,25 metros, e a circunferência do estipe, de 1,15 metros. Os frutos coletados apresentaram em média: peso fresco 55g; diâmetro 45 mm e 46 mm de altura.

2.4.3 ARMAZENAGEM DO MATERIAL

Mensurados os parâmetros biométricos e a ocorrência de predação, cada fruto foi numerado e colocado em recipiente plástico contendo uma tampa de tecido sintético, com microporos e rotulado com as seguintes informações: a localidade de coleta, o número da árvore e o número do fruto. Os frutos foram armazenados durante oito meses (dezembro/2006 a agosto/2007). Após três meses do armazenamento inicial (abril/2007), os frutos foram abertos e avaliados, quanto à

presença de insetos e de fungos, em toda a sua estrutura interna: mesocarpo, epicarpo, endocarpo e amêndoa. Os insetos encontrados foram coletados em frasco contendo álcool etílico 70% v/v, separados pela ordem (Coleoptera e Lepdoptera) e, posteriormente encaminhados para identificação. Para verificar a presença dos fungos, partes dos frutos foram colocadas em um sistema de câmara úmida durante oito dias, à temperatura de 28°C. Após esse período, os fungos foram encaminhados a um especialista, para identificação.

2.4.4 ANÁLISE DOS DADOS

Todas as análises foram realizadas com o software R 2.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007), via modelos lineares generalizados (glm), seguida de análise de resíduo, para verificar a adequação da distribuição e o ajuste do modelo (CRAWLEY, 2002). Os modelos completos foram sistematicamente simplificados pelo método backward, com a retirada de todas as variáveis e interações não significativas ($p > 0.05$), obtendo-se o modelo mínimo adequado (MMA). Em todos os testes, a distribuição de probabilidade utilizada foi binomial, onde os dados referentes à variável dependente (y) foram proporcionalizados (CRAWLEY, 2002).

Para testar a hipótese H_1 “Se a proporção de frutos pré-dispersos atacados sofre influência da concentração de recurso local, da aparência da planta e do estágio de maturação do fruto”, foram utilizadas como variáveis independentes (x): o número de indivíduos em torno do raio de 25m da “árvore mãe” (NI), o número de cachos por árvore (NC), a altura da árvore (H), o peso fresco do fruto (G). A variável dependente do modelo (y) foi: presença do herbívoro (PE) sobre o total de frutos atacados (TFA). Segue, abaixo, o modelo completo da análise, onde o sinal de dois pontos (:) representa a interação entre as variáveis:

$$(PE) / (TFA) = (NI) + (H) + (G) + (NC) + (NI) : (H) + (NI) : (G) + (NI) : (NC) + (H) : (G) + (H) : (NC) + (G) : (NC) + (NI) : (H) : (G) + (NI) : (H) : (NC) + (NI) : (G) : (NC) + (NC) : (G) : (NC) + (NI) : (H) : (G) : (NC).$$

2.5 RESULTADOS

Foram coletados 960 frutos de *A. aculeata*, diretamente dos cachos de 50 plantas, nas cinco áreas estudadas. Desses 354 frutos coletados em pré-dispersão apresentavam cicatrizes de penetração, indicando o ataque por herbívoros (TAB. 1). Entre as localidades selecionadas para a coleta, Montes Claros foi a que apresentou a maior taxa de ataque (59,5% dos frutos atacados), enquanto que Mirabela foi a que apresentou a menor (23,5% dos frutos atacados).

TABELA 1- Porcentagem de ataque em frutos pré-dispersos de *Acrocomia aculeata* imediatamente após a coleta, em cinco localidades do Norte do Estado de Minas Gerais

Localidades	Brasília de Minas	Mirabela	Itacambira	Montes Claros	Grão Mogol
% Ataque	29%	23,5%	37,5%	59,5%	27,5%

Nenhum herbívoro foi encontrado, quando os frutos foram abertos após três meses de armazenamento. Nessa primeira inspeção, foram encontrados apenas 5 gêneros de fungos (TAB. 2) e ovos de insetos. Dos cinco gêneros de fungos encontrados, o mais abundante foi *Aspergillus* sp., presente em 100% dos frutos de Brasília de Minas, 80% dos de Mirabela e 20% dos de Montes Claros, Itacambira e Grão Mogol. O *Rhizopus* sp. foi encontrado também em todas as localidades, apresentando uma maior porcentagem em Mirabela: 60%. O gênero *Paecilomyces* sp. só foi encontrado em 20% dos frutos de Brasília de Minas. Nessa mesma localidade e em Itacambira, 60% dos frutos analisados apresentaram ataque por *Penicilium* sp., em Montes Claros, 40% e em Grão Mogol e Mirabela, 20%. Em Grão Mogol, 80% dos frutos foram atacados por *Trichoderma* sp. e em Itacambira e Brasília de Minas, 20%.

TABELA 2- Porcentagem dos cinco gêneros dos fungos encontrados em frutos pré-dispersos de *Acrocomia aculeata*, coletados no Norte do Estado de Minas Gerais

Gêneros	Brasília de Minas	Mirabela	Itacambira	Montes Claros	Grão Mogol
<i>Penicillium</i> sp.	60%	20%	60%	40%	40%
<i>Paecilomyces</i> sp.	20%	0	0	0	0
<i>Rhizopus</i> sp.	30%	60%	50%	20%	50%
<i>Trichoderma</i> sp.	20%	0	20%	0	80%
<i>Aspergillus</i> sp.	100%	80%	20%	20%	20%

Após oito meses de armazenamento, foram encontrados cinco morfotipos de insetos, sendo um de Lepidoptera e quatro de Coleoptera (curculionidae, scarabaeidae, anobiidae, anthribidae) nos potes contendo frutos pré-dispersos de *A. aculeata* (TAB. 3).

TABELA 3- Porcentagem de insetos encontrados nos potes, após oito meses de armazenamento contendo frutos de *Acrocomia aculeata*

Insetos	Mirabela	Brasília de Minas	Grão Mogol	Itacambira	Montes Claros
Lepidóptera (NI)	46,81%	51,72%	36,36%	31,58%	38,68
Coleóptera	53,19%	48,28%	63,64%	68,42%	61,32%

O modelo mínimo adequado (MMA), obtido pelo método backward, para analisar o ataque dos herbívoros em frutos pré-dispersos foi:

$$PE/TFA = (NI) + (H) + (G) + (NC) + (NI): (G).$$

Os parâmetros estimados para o modelo (TAB. 4) mostram os efeitos da concentração de recurso, da aparência da planta e do peso do fruto sobre a proporção de frutos atacados, usando-se

modelos lineares generalizados, com distribuição de erros binomial.

TABELA 4- Coeficientes de significância dos parâmetros dos modelos lineares generalizados, com distribuição de erros binomial, em relação à taxa de ataque de frutos de *A. aculeata*, em cinco localidades no Norte de Minas Gerais

Variáveis explicativas	GL	Deviance	P
Número de indivíduos (NI)	1	2.25	0.13
Altura (H)	1	23.70	< 0.0001
Peso dos frutos (G)	1	7.94	< 0.005
Número de cachos (NC)	1	14.26	< 0.0001
Número indivíduos (NI): peso do fruto (G)	1	14.09	< 0.0001

Dentre as variáveis que descrevem a concentração de recursos, apenas o número de cachos por planta influenciou a taxa de ataque. A altura, que representa a aparência da planta, contribuiu significativamente para o aumento das taxas de ataque de frutos em pré-dispersão. Além dessas duas variáveis, o peso dos frutos também foi significativo para o aumento das taxas de ataque. Foi verificada uma interação significativa entre as variáveis “número de indivíduos” e “peso dos frutos” (TAB. 4). Valores máximos da altura e do número de cachos foram fixados para criar o gráfico ilustrativo (GRAF. 1) a interação entre o número de indivíduos (NI) e o peso dos frutos (G) sobre a proporção entre a presença do predador (PP) e o total de frutos atacados (TFA).

À medida que os frutos ganham peso e cresce o número de indivíduos adultos de *A. aculeata*, em torno de um raio de 25m da “árvore mãe”, a proporção de frutos atacados também aumenta.

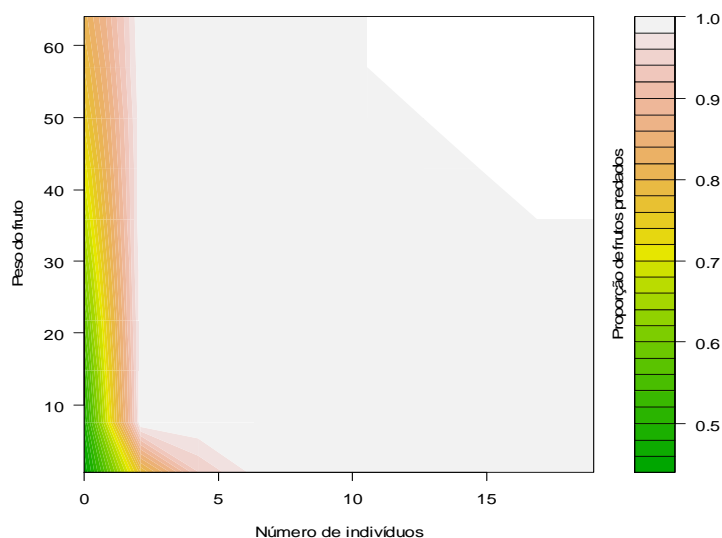


GRÁFICO 1- Efeito do número de indivíduos e do peso fresco dos frutos sobre a proporção de frutos de *Acrocomia aculeata*, atacados e coletados em pré-dispersão.

2.6 DISCUSSÃO

A ocorrência e a intensidade do ataque em pré-dispersão podem estar associadas a uma série de características das populações vegetais hospedeiras. Independente dos níveis de ataque em pré-dispersão é provável que haja diferenças intraespecíficas entre as árvores, que as tornam mais suscetíveis ao ataque dos herbívoros. Essas diferenças podem ser devido a fatores genéticos, a variações nas defesas químicas, ao grau de adensamento das árvores, às frutificações irregulares ou à presença de características intrínsecas de cada região (YANAGIZAWA *et al.*, 2000).

Diversos mecanismos de defesa contra predadores e herbívoros que atuam em pré-dispersão foram sugeridos, entre os quais estão as defesas químicas, morfológicas e bióticas (JANZEN 1969, 1970). Defesas químicas e morfológicas são responsáveis por deter grande parte dos predadores generalistas (JANZEN, 1969). Entretanto, os principais predadores que atuam antes da dispersão das sementes apresentam um maior grau de especificidade com a planta (JANZEN, 1971b). Nesses casos, os mecanismos de defesa química da planta podem ser usados como um recurso para a proteção do próprio herbívoro ou de sua prole (DUSSOURD *et al.*, 1988). Por outro lado, o ataque do inseto, ainda que não cause dano direto sobre ao *fitness* da planta, pode, indiretamente, reduzir a

viabilidade do propágulo, pela inoculação de agentes patogênicos (SOLOGURE; JULIATTI, 2007). Os fungos encontrados nos frutos pré-dispersos, após três meses da primeira inspeção, representam um dos principais agentes etiológicos que podem resultar em perdas ou mesmo em um fator limitante para o desenvolvimento de uma determinada cultura vegetal. A presença de fungos pode reduzir a capacidade germinativa de um lote de sementes, causar a morte de plântulas ou transmitir às doenças para plantas adultas (SANTOS *et al.*, 2001). Segundo Dhingra (1985), fungos do gênero *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Rhizopus* sp., considerados causadores de danos em condições de armazenamento, foram os principais responsáveis pela perda da viabilidade das sementes, pois se localizam, preferencialmente, no embrião. Os resultados obtidos no experimento corroboram a idéia de Carneiro (1987), que reportou uma alta incidência de contaminação por *Aspergillus* sp., *Thichoderma* sp., e *Penicillium* sp., em sementes de pau-santo (*Cabraela multijuga*), vinhático-do-campo (*Plathymenia reticulata*), canafistula (*Cassia ferruginea*) e o ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*).

Neste estudo, foram encontradas quatro famílias de Coleopteras e uma de Lepidoptera, não identificada, atacando frutos de *A. aculeata*, em pré-dispersão. Estudos sobre espécies florestais arbóreas têm demonstrado que os propágulos são severamente danificados por vários grupos de insetos, principalmente das Ordens Coleoptera e Lepidoptera (SANTOS *et al.*, 1996). Em estudo feito com pau-rosa (*Aniba rosaeodora*), foi encontrado o ataque por Lepidoptera, também não identificada, em 20% dos frutos, na fase final de desenvolvimento (SPIRONELLO; SAMPAIO; TELES, 2005). Sari (2005), trabalhando com predação de sementes de *Senna multijuga*, discutiu a importância da predação por Anthribidae, devido ao impacto que esses insetos exercem na abundância, na distribuição, no status competitivo, na evolução e nas características do ciclo de vida da planta. Anobiidae são insetos xilófagos que atacam substâncias dessecadas de natureza animal ou vegetal. Praticamente todas as espécies da família Anobiidae se alimentam de matéria vegetal e grande parte dessas é predador de importância florestal (COSTA-LIMA, 1953). Segundo Zidko (2002), larvas do Coleóptero da família Anobiidae danificam as sementes de *Pterogyne*

nitens, *Hymeneae courbaril* L. e destroem os embriões das sementes de *Aspidosperma polyneuron*.

Se a predação for concebida como destruição do embrião, não se pode considerar que os frutos pré-dispersos neste estudo estavam predados. O que pode ser afirmado é que houve uma alta incidência de ataque por insetos no epicarpo e no mesocarpo dos frutos. Entretanto, a amêndoa dos frutos maduros permaneceu com seus embriões intactos, garantindo, assim, o recrutamento desse indivíduo. De fato, devido ao processo irregular de maturação, alguns dos frutos coletados para inspeção ainda não apresentavam amêndoa formada e, ainda sim, apresentavam ataque pelos herbívoros, sugerindo que esses insetos independem da amêndoa para o seu completo desenvolvimento.

A macaúba não apresenta um padrão homogêneo para a maturação dos frutos (SCARIOT; ILLERAS; HAY, 1991). De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que, à medida que os frutos ficam mais pesados (biomassa), a proporção de frutos predados também aumenta. Segundo Delobel *et al.* (1995), o grau de maturação e o estágio de decomposição dos frutos podem influenciar os níveis de infestação. O ataque em frutos imaturos ou em sementes não formadas pode ser uma resposta adaptativa que acarreta um grande crescimento e desenvolvimento dos frutos remanescentes (JANZEN, 1971b).

Outro fator importante que atua sobre o ataque dos frutos em pré-dispersão é a heterogeneidade espacial do recurso. Esse ataque, em muitos casos, parece ser dependente de densidade, onde uma maior proporção de sementes é eliminada em densidades maiores (JANZEN, 1970). Na verdade, a importância da densidade como fator modulador da predação é um paradigma para estudos de dispersão e de predação de sementes (HOWE; SMALLWOOD, 1982). O fato dos frutos serem coletados sem um padrão de maturação definido pode ser uma explicação para a presença de diferentes herbívoros nos potes contendo *A. aculeata*. A fauna de insetos herbívoros, associada a um hospedeiro particular, pode ser atribuída a vários fatores, como o limite de distribuição geográfica, a riqueza da família ou gênero, a origem do táxon e a complexidade estrutural do hospedeiro (FLECK; FONSECA, 2007).

A relação significativa entre o número de frutos nos cachos e a proporção de frutos atacados corrobora a hipótese da concentração de recurso (ROOT, 1973). Ou seja, em árvores onde o número de frutos nos cachos é mais abundante, a proporção de ataque de herbívoros é mais intensa. Já o fato do número de indivíduos (NI) não ter sido significativo, pode ser explicado devido à irregularidade de maturação dos frutos entre indivíduos de *A. aculeata*, levando, assim, a uma baixa concentração de frutos nos cachos. Por outro lado, na análise da hipótese da aparência da planta (FEENY, 1976), que preconiza que plantas mais aparentes são mais atacadas foi corroborada também neste trabalho. Um dos fatores que pode explicar o fato da altura da planta ter contribuído para o ataque do herbívoro é principalmente pelo tipo de vegetação onde a macaúba está inserida. É notórias que, em áreas de pastagem, principalmente nas regiões de domínio do Cerrado, as vegetações predominantes são forrageiras, gramíneas e espécies arbustivas. Os indivíduos de *A. aculeata* estudados apresentavam, em média, 6,5m de altura. Esse valor, para o tipo de vegetação, torna essa palmeira visível e aparente, em relação às outras espécies. Contudo, a concentração de recurso, a aparência da planta e o peso dos frutos são fatores que influenciam as taxas de ataque de frutos coletados, antes do processo de dispersão.

2.7 REFERÊNCIAS

- CAMPOS, R.J. *et al.* Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. **Ecography**, n. 29, p. 442-450, 2006.
- CARNEIRO, J.S. Teste de sanidade de sementes de essências florais. In: SOAVE, J.; WHWTZEL, M.M.U.S. **Patologia de Sementes**. Campinas: Fundação Cargil, 1987. p. 386-394.
- COSTA-LIMA, A. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1953. 232 p.
- CRAWLEY, M.J. **Statistical computing: an introduction to data analysis using S-Plus**. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2002. 761 p.
- DELOBEL, A. *et al.* Trophic relationships between palms and bruchids (Coleoptera: Bruchidae: Pachymerini) in *Peruvian amazonia*. **Amazonia**, v. 13, n. 3/4, p. 209-219, 1995.
- DHINGRA, O.D. Prejuízos causados por microorganismos durante o armazenamento de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 7, n.1, p. 139-145, 1985.
- DIRZO, R. Experimental studies on slug-plant interactions: the acceptability of thirty plant species to the slug *Agriolimax caruanae*. **Journal Ecology**, v. 68, p. 981-998, 1980.
- DUSSOURD, D.E. *et al.* Biparental defensive endowment of eggs with acquired plant alkaloid in the moth *Utetheisa ornatrix*. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, n. 85, p. 5992-5996, 1988.

- FAGUNDES, M. **Diversidade de insetos herbívoros associados à *Baccharis* (Asteraceae)** 2004. 76 f. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2004.
- FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. In: WALLACE, J.; MANSEL, R.L. (Eds). **Biochemical interactions between plants and insects: recent advances in phytochemistry**. New York: Plenum, 1976.
- FENNER, M. **Seed ecology**. New York: Chapman and Hall, 1985. 151 p.
- FILHO, O.B.M.; BUENO, G.T. **Minas Gerais do século XXI: reinterpretando o espaço mineiro**. Belo Horizonte: BDMG, 2004. 2 v.
- FLECK, T.; FONSECA, C.R. Hipóteses sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis intra-específico, interespecífico e de comunidade. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 2, n. 1, p. 36-45, 2007.
- HERMS, D.A.; MATTSON, W.J. The dilemma of plants: to grow or defend. **Quarterly Review of Biology**, v. 67, p. 283-335, 1992.
- HOWE, H.F.E.; SCHUPP, W.; WESTLEY, L.C. Early consequences of seed dispersal for a neotropical tree (*Virola surinamensis*). **Ecology**, v. 66, p. 781-791, 1985.
- HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review Ecology and Systematics**, v. 13, p. 201-228, 1982.

JANZEN, D.; VÁSQUEZ-YANES, C. Tropical forest seed ecology. In: HADLEY, M. **Rain forest regeneration and management**. Paris: UNESCO, 1988. p. 28-33.

JANZEN, D.H. Escape of *Cassia grandis* L. beans from predators in time and space. **Ecology**, v. 52, p. 964-979, 1971 a.

JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, p. 501-528, 1970.

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

JANZEN, D.H. Seed-eaters versus seed size, number, toxicity and dispersal. **Evolution**, v. 23, p. 1-27, 1969.

KJELLSSON, G. Seed fate in a population of *Carex pilulifera* L. **Oecologia**, v. 67, p. 424-429, 1985.

MOTTA, P.E.F. *et al.* Ocorrência de macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pdológicos e vegetacionais. **Revista Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, v. 37, p. 1023-1031, 2002.

R DEVELOPMENT CORE TEAM 2007. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foudation for Statistical Computing, 2007. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 20 ago. 2007.

ROOT, R.B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, v. 34, n. 1, p. 95-124, 1973.

SANTOS, F.E.M. *et al.* Detecção de fungos patogênicos em sementes de acácia-negra (*Acacia mearnsii*). **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 13-20, 2001.

SANTOS, G.P. *et al.* Notas preliminares sobre danos causados por *Hexachaeta* sp. (Diptera: Tephritidae) em sementes de *Aegiphila sellowiana*. **Cerne**, v. 2, n. 2, p. 152-160, 1996.

SARI, L.T.; COSTA-RIBEIRO, C.S. Predação de sementes de *Senna multijuga* (Rich.). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 521-525. 2005.

SCARIOT, A.; ILERAS, E.; HAY, J. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in central Brazil. **Biotropica**, v. 23, p. 12-22, 1991.

SOLOGURE, F.J.; JULIATTI, F.C. Doenças fúngicas em plantas ornamentais em Uberlândia – MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 42-52, 2007.

SPIRONELLO, W.R.; SAMPAIO, P.T.B; TELES, B.R. Produção e predação de frutos em *Aniba rosalodora* Ducke var *amazonica* Ducke (Lauraceae), em sistema de plantio sob floresta de terra firme na Amazônia Central. **Acta botânica brasileira**, v. 18, n. 4, p. 801-807, 2004.

STRONG, D. R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, S. R. **Insects on plants:** community patterns and mechanisms. [s.l.]: Blackwell Scientific Publication, 1984.

YANAGIZAWA, Y.A.N.P. *et al.* Predação em picão-preto e sua relação com o tamanho e o grau de

agrupamento das plantas. **Planta Daninha**, v. 18, n. 1, p. 135-142, 2000.

ZIDKO, A. **Coleópteros (Insecta) associados às estruturas reprodutivas de espécies florestais arbóreas nativas do Estado de São Paulo**. 2002. 35 f. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

CAPÍTULO II

Predação pós-dispersão em frutos de

Acrocomia aculeata

3.1 RESUMO. FONSECA, Francine Souza Alves. Ms. Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros. Maio, 2008. **Predação pós-dispersão de frutos de *Acrocomia aculeata*.** Orientador: Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria. Co-orientadores: Prof. Dr. Ronaldo Reis Júnior e Prof. Dr. Dario Alves de Oliveira.

Os frutos e as sementes representam um alimento potencial para animais herbívoros, que buscam tecidos ricos em nutrientes. Esse recurso está disponível para qualquer inseto ou outro animal capaz de explorá-lo e, com isso, uma grande proporção pode ser perdida, independente do estágio fenológico ou da maturação. O objetivo desse trabalho foi testar duas hipóteses. H₁: “A influência da aparência da planta, concentração de recurso e exposição dos frutos influenciam a predação de frutos pós-dispersos”. Para isso, foram testadas as seguintes variáveis independentes (x): diâmetro e altura da árvore; número de indivíduos de *Acrocomia aculeata* em torno de um raio de 25m e número de cachos por árvore; presença/ausência do epicarpo e a variável dependente (y): total de frutos predados sobre o total de frutos coletados. H₂: “O número de frutos predados diminui com a distância da planta mãe”, onde foi utilizado como variável independente (x): a distância da planta e o total de frutos predados sobre o total de frutos coletados foi a variável dependente (y). Para isso, 10 indivíduos de *Acrocomia aculeata*, em cinco diferentes localidades, foram selecionados. Para a coleta dos frutos pós-dispersos, foi utilizado um gradiente crescente de distância (0, 5, 10, 15, 20 e 25 metros) da árvore mãe, totalizando 12 pontos de coleta por árvore. Todos os frutos dentro do quadrado em cada um dos doze pontos foram coletados, independente do estado de conservação. Todas as análises foram realizadas com o software R 2.5, via modelos lineares generalizados (glm), seguidas de análise de resíduo, para verificar a adequação da distribuição e o ajuste do modelo. A concentração de recurso, a aparência da planta e a exposição dos frutos apresentaram correlação positiva sobre a predação de frutos pós-dispersos. A distância da “árvore mãe” não foi um fator que influenciou a predação, não corroborando, assim, a hipótese do “escape”. Já o ataque dos frutos pré-dispersos diminui a predação frutos pós-dispersos.

3.2 ABSTRACT. FONSECA, Francine Souza Alves. Ms. of Biological Sciences. May, 2008. Universidade Estadual de Montes Claros. **Post-dispersion Predation of *Acrocomia aculeata* fruits.** Advisor: Prof. Dr. Maurício Lopes de Faria. Co- Advisor: Prof. Dr. Ronaldo Reis Júnior and Prof. Dr. Dario Alves de Oliveira.

Fruits and the seeds represent potential food for herbivorous animals that are in search for tissues rich in nutrients. Such resource is available for any insect or other animal that is able to prey it. Therefore, there may be a great loss of fruit and seeds regardless their phenological stage or maturity. This study was aimed at testing two hypotheses. The first one was that plant appearance, resource concentration and fruit exposition influences post-dispersed fruit predation. Thus, two independent variables (x) were tested: diameter and height of the tree, the number of *Acrocomia aculeata* trees in a 25m radius, the number of bunches in each tree, and the presence or absence of epicarp. The dependent variable (y) was: total number of preyed related to the total number of collected fruits. The second hypothesis was that the number of preyed fruits diminishes according to the distance from the mother plant. For this second hypothesis the independent variable (x) was plant distance; the total of preyed fruits related to the total of collected fruits was the dependent variable (y). For such, 10 *Acrocomia aculeata* trees in five different places were chosen. For the collection of post-dispersed fruits a growing gradient of distance (0, 5, 10, 15, 20 and 25 meters) from the mother tree was used, totalizing 12 points of collection for each tree. All fruits in the square in each of the twelve points were collected regardless their conditions. All analyses were carried out by using an R 2.5 software through generalized linear models (GLM) followed by residual analysis in order to verify the adequacy of distribution and model adjustment. The resource concentration, plant appearance, and the exposition of the fruits presented a positive correlation on the post-dispersed fruit predation. However, the distance from the mother plant did not influence predation as it was assumed. Therefore, the 'escape' hypothesis was not corroborated. The attack on pre-dispersed fruits diminishes post-dispersed fruit predation.

3.3 INTRODUÇÃO

Diversos autores têm ressaltado a importância de se estudar a predação de sementes por insetos e vertebrados, devido à atuação direta sobre a prole das plantas, podendo eliminar grande parte das sementes produzidas (SCARIOT, 1991; JANZEN, 1971a; CRAWLEY, 1992). Um evento de importância vital para a sobrevivência das espécies vegetais é o afastamento de semente ou frutos inteiros da “planta-mãe”, processo chamado de dispersão (HOWE, 1982, 1984). Esse processo permite que as espécies ampliem as suas áreas de ocorrência e tenham um incremento nas taxas de sobrevivência dos indivíduos jovens, seja pela redução da competição intra-específica, ou pela diminuição da quantidade e concentração de predadores (JAZEN, 1980).

A dispersão também modifica os padrões de recrutamento em escala espacial e temporal. Com isso, o transporte de se diásporos torna essencial à colonização de novos sítios (AUGSPURGER, 1983). Dessa forma, a estrutura e a dinâmica das comunidades vegetais são influenciadas pela eficiência da dispersão (JORDANO *et al.*, 2006).

Um dos temas centrais do manejo da vida silvestre é entender como os animais influenciam as populações vegetais e como a distribuição desses recursos no ambiente afeta a abundância dos insetos. Do ponto de vista dos animais, os frutos representam uma importante fonte energética, por serem facilmente encontrados e processados (LEVERY, 1994).

Em ambientes tropicais, os frutos são consumidos por insetos, principalmente da ordem Coleóptera e outros predadores (HOLL; LULLOW, 1997), podendo afetar o desempenho germinativo das espécies arbóreas nativas. Contudo, a predação de sementes não é sempre prejudicial, já que pode reduzir a competição entre espécies, incrementando o sucesso reprodutivo de plantas com menor habilidade competitiva (BECKAGE; CLARK, 2005). Da mesma maneira, alguns insetos que predam frutos e/ou sementes também podem ter efeitos positivos, atuando como dispersores e facilitando a germinação das sementes, ao limpá-las de restos de frutos, escarificando-os física e quimicamente (PASSOS; OLIVEIRA, 2003; LEAL; OLIVEIRA, 1998).

Outro aspecto pouco conhecido relacionado a modificações nas interações animal-planta é o

efeito da defaunação sobre dispersão de sementes (JORDANO *et al.*, 2006). A defaunação nos Neotrópicos vem ocorrendo desde a chegada dos primeiros humanos às Américas, há aproximadamente 12.000 anos (MARTIN; KLEIN, 1995). Mamutes, preguiças gigantes e outros grandes mamíferos foram extintos no final do Pleistoceno, parcialmente devido às mudanças climáticas (MARTIN; KLEIN, 1995). Esses efeitos ocasionaram mudanças na estrutura da comunidade de frugívoros, surgindo implicações para a dispersão e a predação de sementes (JACQUEMYN; HERMY, 2001; SILVA; TABARELLI, 2001). A remoção das espécies frugívoras de grande porte também pode ocasionar sérios efeitos no aumento das populações de patógenos de sementes, visto que essas passam a ficar por mais tempo disponíveis no solo. Sem dispersores, as sementes que caem sob a “planta-mãe” quase sempre estão fadadas a morrer, pela competição com a “planta-mãe” e pela grande taxa de predação nessa área (JANZEN, 1970; HOWE; SCHUPP; WESTLEY, 1985).

Dentre as espécies vegetais mais propícias a serem afetadas pela defaunação estão aquelas dispersadas por grandes mamíferos, como as antas e grandes primatas (PERES, 2001) ou roedores estocadores, como as cutias (JORDANO *et al.*, 2006). Diversas espécies de palmeiras e leguminosas possuem frutos demasiadamente grandes, para serem consumidos por pequenas aves ou mesmo mamíferos de pequeno e médio porte e dependem de grandes dispersores. Estudos recentes têm demonstrado que algumas palmeiras, com sementes grandes, possuem menor dispersão em áreas com alta frequência de caça (WRIGHT, 2003).

Em se observando a complexidade das interações nas dinâmicas da predação, esse trabalho teve o objetivo de testar a hipótese do “escape” (JAZEN, 1971b), da “concentração de recurso” (ROOT, 1973) e da “aparência da planta” (FEENY, 1976) sobre frutos pós-dispersos. Além disso, verificou-se a proporção de frutos com predação pós-dispersão sofre influência do ataque de herbívoros em frutos pré-dispersos.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

3.4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado em cinco localidades do Norte do Estado de Minas Gerais: Montes Claros (16°44'6"S 43°51'43" O), Brasília de Minas (16°12'28"S 44°25'44" O), Mirabela (16°15'46"S 44°9'50" O), Grão Mogol (16°33'32"S 42°53'24" O) e Itacambira (17°03'54"S 43°18'32" O). A região do Norte do Estado de Minas Gerais se caracteriza pelo clima tropical semi-árido (FILHO; BUENO, 2004). Os frutos foram coletados nos meses de novembro e dezembro 2006. Nesse período, as localidades apresentaram: índice pluviométrico médio de 235 mm chuva; 78% umidade relativa e temperatura média de 24° C. Dos cinco sítios de coleta, quatro foram em áreas de pastagem localizadas dentro de propriedades rurais particulares, exceto em Montes Claros, em que a coleta foi realizada na área peri-urbana da cidade.

3.4.2 COLETA DOS FRUTOS PÓS-DISPERSOS

Foram selecionados dez indivíduos de *Acrocomia aculeata*, em cada uma das cinco localidades selecionadas para o estudo. Para a coleta dos frutos pós-dispersos, foi utilizado um quadrado de 0.5m X 0.5m e transectos orientados nas direções geográficas norte e sul. A partir de um indivíduo adulto de *A. aculeata*, um gradiente crescente de distância (0, 5, 10, 15, 20 e 25 metros) da “árvore mãe” foi montado para cada uma das direções, totalizando 12 pontos de coleta por árvore. Todos os frutos dentro do quadrado em cada um dos doze pontos foram coletados, independente do estado de conservação. Os frutos coletados foram armazenados em sacos plásticos identificados e conduzidos ao laboratório. A altura e a circunferência à altura do peito (CAP) do estipe foram mensuradas para cada árvore, com o auxílio de um clinômetro e trena, respectivamente. Foi contado o número de indivíduos adultos, em torno de um raio de 25m e também estimado o número de cachos para cada árvore.

3.4.3 COLETA DOS FRUTOS PRÉ-DISPERSOS

Para verificar a existência da interação entre a herbivoria dos frutos pré-dispersos sobre os frutos pós-dispersos, foram coletados vinte frutos diretamente dos cachos, em cada uma das dez árvores selecionadas para o estudo nas diferentes áreas. Os frutos coletados foram levados ao Laboratório Ecologia Evolutiva, onde foi observada a ocorrência de ataque por inseto no epicarpo. Em seguida, foram numerados e posteriormente, armazenados.

3.4.4 ARMAZENAGEM DOS FRUTOS PRÉ-DISPERSOS

Cada fruto foi colocado em recipiente plástico, tampado com tecido sintético contendo microporos e com a seguinte rotulagem: localidade, número da árvore e o número do fruto. Os frutos foram armazenados durante um total de oito meses, dezembro/2006 a agosto/2007. Após três meses do armazenamento inicial, os frutos foram abertos e inspecionados, quanto à presença de herbívoro e de fungos. Cinco meses depois, os frutos foram novamente avaliados.

3.4.5 INSPEÇÃO DOS FRUTOS PÓS-DISPERSOS

A inspeção dos frutos foi realizada sempre um dia após a coleta, para evitar a deteriorização, ou a infestação por fungos. A parte externa do fruto foi avaliada, quanto à presença/ausência do epicarpo. O mesocarpo foi manualmente retirado e observado. Com o auxílio de um torno de bancada, o endocarpo foi aberto, para a avaliação da condição da amêndoa e do embrião.

3.4.6 ANÁLISE DOS DADOS

Todas as análises foram realizadas com o software R 2.5 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007), via modelos lineares generalizados (glm), seguida de análise de resíduo, para verificar a adequação da distribuição e o ajuste do modelo (CRAWLEY, 2002). Os modelos completos foram sistematicamente simplificados pelo método backward, com a retirada de todas as variáveis e

interações não significativas ($p > 0.05$), obtendo-se o modelo mínimo adequado (MMA). Em todos os testes, a distribuição de probabilidade utilizada foi quasibinomial, para os dados sobredispersos, com função de ligação logit (CRAWLEY, 2002). Para testar a primeira hipótese “escape” (JANZEN, 1971b), H_1 : “O número de frutos predados diminui com a distância da planta mãe”, foi utilizada como variável independente (x): a distância da “planta mãe” (DIST) e o total de frutos predados (TFP) sobre o total de frutos coletados (TFC) como variável dependente (y). O Modelo completo foi:

$$(TFP) / (TFC) = (DIST).$$

Na segunda hipótese, “aparência da planta” (FEENY, 1976), H_2 : “A influência da aparência da planta, concentração de recurso e exposição dos frutos sobre a predação de frutos pós-dispersos”, foram consideradas as seguintes variáveis independentes (x): circunferência altura do peito (D), altura da árvore (H), número de indivíduos adultos de *Acrocomia aculeata*, em torno de um raio de 25m (NI), número de cachos por árvore (NC) e total de frutos com exposição do mesocarpo (EXM). Já a variável dependente (y) foi: total de frutos predados (TFP) sobre o total de frutos coletados (TFC). Segue, abaixo, o modelo completo da análise, onde o sinal de dois pontos (:) representa a interação entre as variáveis:

$$(TFP) / (TFC) = (NI) + (EXM) + (H) + (NC) + (D) + (NI) : (EXM) + (NI) : (H) + (NI) : (NC) + (NI) : (D) + (EXM) : (H) + (EXM) : (NC) + (EXM) : (D) + (H) : (NC) + (H) : (D) + (NC) : (D)$$

Para testar a hipótese “dispersão”, H_3 : “A proporção de frutos com predação após a dispersão sofre influência do ataque dos frutos antes da dispersão”, foi utilizado como variável independente (x): total de frutos atacados em pré-dispersão (TFAP) e como variável dependente (y): total de frutos predados em pós-dispersão na distância zero (TFPZ) sobre total de frutos pós-dispersos coletados na distância zero (TFCZ). O esperado era que os frutos predados em pré-dispersão favorecessem o ataque dos frutos pós-dispersos, visto que os frutos já se encontravam fragilizados pelo ataque inicial. Segue, abaixo, o modelo completo:

$$(TFPZ) / (TFCZ) = (TFAP).$$

3.5 RESULTADOS

HIPÓTESE 1 (H_1):

Segundo a análise estatística usando a correção erros quasibinomial, a distância não é um fator que responde significativamente ($p > 0.05$) à predação (TAB. 5). Foi possível observar que os parâmetros estimados no modelo para explicar o efeito da distância sobre a predação em pós-dispersão não foram significativos.

TABELA 5- Parâmetro estimado para explicar o efeito da distância sobre a predação de frutos pós-dispersos, usando modelos lineares generalizados, com distribuição de erros quasibinomial

Variável explicativa	GL	Deviance	P
Distância	1	0.89	0.63

O estabelecimento da orientação geográfica (norte e sul) padronizou a coleta e evitou uma tendência à seleção de pontos favoráveis (Tab. 6). Foram coletados em pós dispersão 698 frutos de *Acrocomia aculeata* e 27% deles estavam predados. O predador, *Pachymerus* sp., foi encontrado dentro do endocarpo dos frutos coletados em pós-dispersão. Além de alguns inquilinos, como formigas e lagartas, foram encontradas larvas de coleóptero dentro do fruto.

TABELA 6- Total de frutos coletados de *A. aculeata* em pós dispersão, nas cinco regiões do Norte do Estado de Minas Gerais, Brasil

Distância	Total de frutos coletados
0	584
5	37
10	19
15	22
20	13
25	23
Total	698

HIPÓTESE 2 (H₂):

No teste da influência da “concentração de recursos”, “aparência da planta”, e “exposição dos frutos” sobre a predação de frutos pós-dispersos foi utilizado o seguinte modelo mínimo adequado (MMA):

$$(TFP)/(TFC) = (NI) + (EXM) + (H) + (NC) + (D) + (EXM) : (H) + (NC) : (D).$$

Com os parâmetros do modelo mínimo adequado (TAB. 7), foi possível analisar o efeitos da concentração de recurso, da aparência da planta e da exposição dos frutos sobre a predação de frutos de *A. aculeata*, após a dispersão.

TABELA 7- Parâmetros estimados para explicar os efeitos da concentração de recurso, arquitetura da planta e exposição dos frutos sobre a predação de frutos de *A. aculeata*, coletados após a dispersão, usando modelos lineares generalizados, com distribuição de erros quasinomial

Variáveis explicativas	GL	Deviance	P
Número indivíduos (NI)	1	59.86	< 0.0001
Número frutos expostos (EXM)	1	33.54	< 0.0001
Altura (H)	1	26.09	< 0.001
Número cachos (NC)	1	31.89	< 0.001
CAP (D)	1	12.67	< 0.05
Número frutos expostos (EXM) : altura (H)	1	35.53	< 0.0001
Número cachos (NC) : CAP (D)	1	20.15	< 0.005

Todas as variáveis analisadas foram significativas para a predação de frutos coletados após a dispersão. Além disso, com esse modelo, foi possível obter duas interações significativas. Na interação entre o número de frutos expostos e a altura da planta, representado no (GRAF. 2), verifica-se que, à medida que aumenta a altura da planta, o número de frutos expostos à proporção de frutos predados também aumenta.

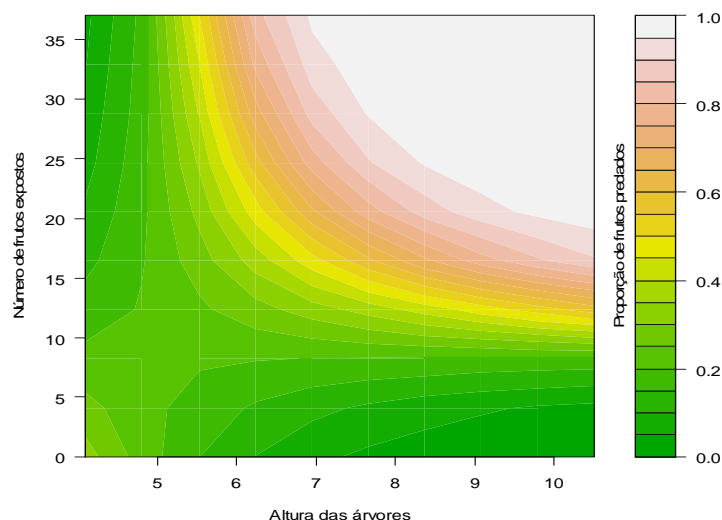


GRÁFICO 2- Efeito da altura da planta e do número de frutos expostos sobre a proporção de frutos de *A. aculeata*, predados e coletados após a dispersão

A interação entre o número de cachos e o CAP da planta em relação à proporção de frutos predados, foi significativa. Na análise gráfica da interação (GRAF. 3), é possível perceber que o aumento no número de cachos pode determinar a proporção de frutos predados, pois, num mesmo CAP, o aumento do número de cachos eleva a proporção de frutos predados em pós-dispersão.

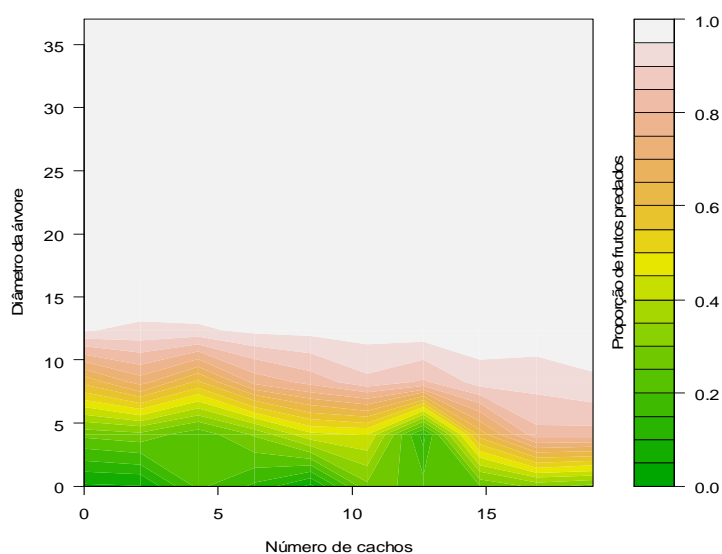


GRÁFICO 3- Efeito do CAP da árvore, número de cachos sobre a proporção de frutos de *A. aculeata*, predados e coletados após dispersão.

HIPÓTESE 3 (H₃):

Para testar a hipótese “Se a proporção de frutos com predação após a dispersão sofre influência do ataque dos frutos atacados em pré-dispersão”, foi utilizado o seguinte modelo mínimo adequado (MMA):

$$(TFPZ) / (TFCZ) = (TFAP).$$

Segundo a análise estatística usando a correção de erros quasibinomial, a herbivoria dos frutos pré-dispersos é um fator que dificulta a predação frutos de *A. aculeata*, coletados após a dispersão (TAB. 8). Ou seja, os frutos que são atacados ainda nos cachos, são menos predados, após o processo de dispersão.

TABELA 8- Parâmetros estimados para explicar o efeito da herbivoria dos frutos de *A. aculeata*, coletados em pré-dispersão, sobre a proporção de frutos predados, após a dispersão

Variável explicativa	GL	Deviancia	P
Ataque pré dispersão	1	71.01	> 0.0001

Os resultados apresentados (GRAF. 4) mostram o aumento da predação nos frutos coletados, após a dispersão, quando ocorre a diminuição do ataque dos frutos ainda no cacho, ou seja, em pré-dispersão.

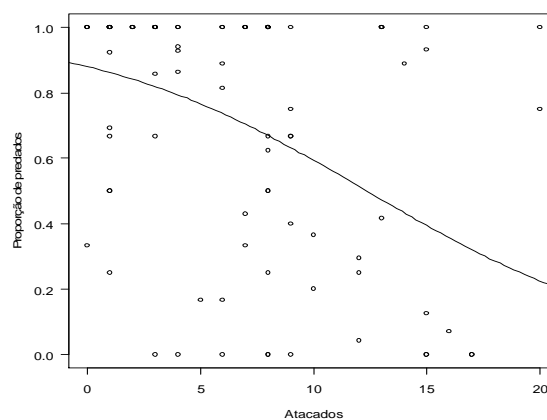


GRÁFICO 4- Influência do ataque por herbívoros em frutos de *A. aculeata*, coletados antes da dispersão sobre a proporção de frutos predados após a dispersão

3.6 DISCUSSÃO

No teste da hipótese do “escape” (H_1), foi possível verificar que a distância da “árvore-mãe” não foi um fator que explica a predação dos frutos, após a dispersão. Esse resultado não corrobora a hipótese do “escape”, preconizada por Janzen, (1971a). Segundo esse autor, quanto mais próximo da “planta-mãe”, maior a taxa de predação dos frutos e à medida que se aumenta a distância da “planta-mãe”, a densidade de frutos diminui, causando decréscimo na predação. O que acontece no campo é que as árvores de macaúba são encontradas sempre em populações com certa proximidade uma da outra. Com isso, o padrão de dispersão fica mascarado pela sobreposição de frutos de outros indivíduos que não são da própria “planta-mãe”. Scariot (1998) realizou um trabalho com predação de frutos de *A. aculeata*, em uma área de pasto na cidade de Brasília. Esse autor utilizou caixotes de madeiras que ficavam no chão a 0.5m da copa, num ângulo de 180° graus. Devido a limitações na utilização desse método, neste trabalho foi utilizada uma metodologia distinta, que permitiu visualizar o adensamento das populações de *A. aculeata*. Por outro lado, a análise do efeito da distância de dispersão da “planta-mãe” sobre as taxas de predação não é tão direta. Com o aumento da distância, ocorre uma sobreposição, nas áreas de dispersão, entre os indivíduos das populações. Dessa forma, ocorre uma agregação dos frutos próximos à planta mãe e a densidade diminui, à medida que a distância se aumenta, até que uma densidade mínima para a população seja alcançada. Essa densidade mínima é em função do número de indivíduos da população, do número de frutos produzidos e do grau de espaçamento entre os indivíduos adultos. Alguns pesquisadores, testando a hipótese do “escape”, encontraram resultados semelhantes. Silva *et al.* (2007) estudou a predação de sementes da palmeira *Syagrus romanzoffiano* e não encontrou uma relação entre a distância da planta-mãe taxa de predação. Janzen (1971b), ao analisar a predação de sementes em *Cassia grandis* L. (Fabaceae), sugeriu que a predação poderia estar positivamente correlacionada com o decréscimo da distância entre as plantas hospedeiras. Já Travesset (1991) admitiu que plantas isoladas pudessem sofrer maior intensidade de predação que plantas em conjunto, desde que os bruquídeos não voassem muito entre os exemplares de *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

(Mimosaceae) e ficasse próximo da planta mãe. Allmen; Morellato e Pizo (2004), trabalhando com palmeira *Euterpe edulis*, encontraram taxas de predação mais altas depositadas sob a planta-mãe e distantes dessa. Esses autores constataram que, em áreas onde o recurso é abundante, as taxas de predação podem não variar com a distância.

Foi encontrado somente em uma das cinco localidades estudadas (Mirabela) um roedor, considerado dispersor natural dessa espécie, sobre a palmeira *A. aculeata*. Esse animal se encontrava tão adaptado às condições morfológicas da planta, que, mesmo com o estipe recoberto por acúleos, ele não teve dificuldades para descer. Na literatura, são descritos como dispersores naturais da macaúba: *Didelphis albiventris*, *Nectomys squamipes*, *Cebus apella*, *Turdus* sp. Essa dispersão pode aumentar a probabilidade dos frutos de *A. aculeata* encontrarem um sítio para o seu desenvolvimento e ainda reduzir os níveis de predação de sementes (SCARIOT, 1998). O processo de dispersão representa a ligação entre a última fase reprodutiva da planta com a primeira fase do recrutamento da população. Sem a dispersão de sementes, a progênie está suscetível à extinção, e a regeneração, em novos locais, se torna impossível (CHAPMAN; CHAPMAN, 1995).

Os resultados obtidos no teste da hipótese (H_2) corroboram a hipótese da “concentração recurso” (ROOT, 1973), a hipótese da “aparência da planta” (FEENY, 1976) e a da exposição dos frutos após a dispersão. Segundo Root (1973), os predadores são atraídos para áreas com maior concentração de recurso, sendo essa situação encontrada no experimento, onde as plantas que possuíam um maior número de vizinhos e um maior número de cachos tiveram os seus frutos mais atacados. Janzen (1983) realizou um trabalho também com palmeiras e observou um efeito da densidade de frutos sobre a predação. O autor verificou que, nos frutos aglomerados pelos ruminantes no campo, a taxa de predação foi maior do que nos frutos isolados. A proporção de frutos predados após a dispersão se correlacionou significativamente com a altura e com o diâmetro da árvore. Esse resultado corrobora a hipótese da “aparência da planta” (FEENY, 1976), a qual prediz que plantas mais aparente são mais suscetível ao ataque por predador. Com os resultados, foi possível observar que as duas variáveis: altura (H) e CAP (D), utilizadas para mensurar a aparência

da plantas, foram significativos. Além disso, devido à complexidade dos sistemas biológicos, foi constatada uma interação positiva entre as duas variáveis responsáveis pela aparência da planta: altura (H) com o fruto exposto (EXP) e CAP (D) com número de cachos (NC).

A hipótese da exposição do fruto foi corroborada, pois, frutos expostos são mais atacados do que frutos inteiros. Os frutos de *A. aculeata*, quando maduros, são colhidos no chão e, com a queda, o epicarpo do fruto pode romper-se e facilitar a exposição do mesocarpo. Além disso, das cinco áreas selecionadas para o estudo, apenas uma está localizada na área peri-urbana, as outras quatro são áreas de pastagem, ou seja, em propriedades rurais particulares. Dessa forma, os frutos de *A. aculeata* se tornam atrativos para animais que pastejam nas áreas rurais, ocasionando também até a dispersão. Os frutos de *A. aculeata* são palatáveis ao homem e costumam ser ingeridos por animais domésticos, como o gado e o cavalo. Esses animais ingerem apenas o epicarpo e mesocarpo o endocarpo e a amêndoa são regurgitados e amontoados, juntamente com resíduos de pastagem e fezes (JANZEN, 1983; SCARIOT, 1998). De acordo com os resultados obtidos, os frutos expostos, ou seja sem mesocarpo, foram mais predados do que os frutos com mesocarpo. Como o epicarpo representa uma barreira para a entrada do bruquídeo até a amêndoa, ele ataca primeiramente os frutos mais expostos. Esse processo pode gerar uma mudança no padrão de recrutamento da planta, visto que a retirada do epicarpo, que poderia favorecer a germinação, deixa o fruto mais suscetível ao ataque do predador. Além disso, o bruquídeo encontrado se alimenta de toda a reserva da amêndoa, até mesmo do embrião. Dessa forma, o ataque desses bruquídeo pode ocasionar uma outra modificação na estrutura das populações de *A. aculeata*, pois, compromete o recrutamento de novos indivíduos. Os frutos e as sementes, de forma geral, representam um alimento potencial para bruquídeos que buscam tecidos ricos em nutrientes (JANZEN, 1980). Esse recurso está disponível também para qualquer inseto ou outro animal, capaz de explorá-lo (FENNER, 1985). O besouro bruquídeo encontrado no experimento como predador dos frutos de *A. aculeata* é o *Pachymerus* sp. Segundo Scariot (1998), esse predador pode se alimentar de pólen, permanecendo, assim, durante o dia embaixo da bainha de folhas mortas, e durante a noite,

ovopositar nos frutos caídos. Logo, a larva perfura o epicarpo e mesocarpo (se presente) e finalmente, o endocarpo alcança a semente. Mais de uma larva pode ser encontrada na semente, mas somente uma sobrevive até o estágio adulto (SILVA, 1994).

De maneira geral, a exposição do mesocarpo é determinante no aumento das taxas de predação de frutos de *A. aculeata*. É possível perceber, então, que, após o processo de defaunação nos Neotrópicos, processo que levou à extinção animais da megafauna de mamíferos sul-americanos e que, possivelmente, eram os dispersores de frutos de palmeiras, animais de pasto, como o gado, assumiram a função de dispersores desses frutos. Com isso, ao passar pelo trato intestinal desses animais, o fruto é então despolpado, ou seja, é exposto e, com isso, fica mais suscetível à predação.

No teste da hipótese 3 (H_3), foi avaliado o ataque por herbívoros aos frutos coletados antes da dispersão, sobre a proporção de frutos predados após a dispersão. O resultado encontrado não corroborou a hipótese. O esperado era que os frutos atacados ainda nos cachos ficassem mais suscetíveis à predação, após a sua dispersão. Porém, o resultado encontrado mostra que, à medida que as taxas de ataque por herbívoros em frutos pré-dispersos são elevadas, a predação nos frutos após a dispersão diminui. Essa informação é de suma importância para o recrutamento das plantas, visto que o processo verdadeiro de predação, ou seja, onde ocorre a destruição do embrião, acontece após a dispersão. Não se sabe ao certo quais os mecanismos responsáveis por esse processo, porém, ocorrem alguns fenômenos, entre os quais o ataque dos frutos em pré-dispersão e a predação em pós-dispersão. Alguns desses mecanismos podem ser inferidos para tentar explicar os resultados obtidos. Um deles é o fato do surgimento de fungos em frutos atacados em pré-dispersão. Esses frutos, quando pós-dispersos, podem desenvolver um mimetismo, mediado pela interação herbívoro-patógeno. Esse mimetismo pode alterar as características organolépticas do fruto e, com isso, dificultar o reconhecimento do fruto pelo dispersor. Dessa forma, o fruto não é mastigado, exposto, ou seja, não fica tão suscetível ao ataque do predador. Além disso, a planta, após sofrer ataque por herbívoros, pode ser estimulada a produzir compostos químicos de defesa,

como resinas, por exemplo, e com isso, dificultar a predação em pós-dispersão.

Um outro fato que pode explicar a ação benéfica da herbivoria é a separação do recurso alimentar do predador que atua em frutos pós-dispersos pelos herbívoros que se alimentam dos frutos pré-dispersos. É notório que há uma separação de nicho ecológico entre esses animais que visitam a planta. Os herbívoros em pré-dispersão atacam o endocarpo e o mesocarpo, enquanto o *Pachymerus* sp., predador em pós-dispersão, se alimenta da amêndoa. Essa distinção de nichos pode estar ocorrendo há anos, visto que a macaúba é uma palmeira do período Cretáceo Superior, provavelmente da Era Cenozóica (ALVES; DEMATTÊ, 1987). Além disso, os frutos atacados nos cachos se tornam menos “visíveis”, do ponto de vista da atração para o predador que atua em frutos pós-dispersos. Esse predador, como uma estratégia de sobrevivência, prefere os frutos intactos, ou seja, frutos dispersos que não sofreram ataque.

A palmeira *A. aculeata* apresenta um potencial econômico para o biodiesel e todas as suas partes são aproveitadas pelas comunidades rurais, mesmo ainda não sendo uma planta domesticada. O fruto representa o principal produto para exploração, porém ainda não possui valor agregado para comercialização. Em poucos anos, essa palmeira sairá do escopo exploratório e começará a ser comercializada de forma sustentável. Entretanto, estudos específicos da ecologia da planta serão necessários, pois a qualidade do produto está diretamente relacionada a esses fatores. A herbivoria, segundo a visão ecológica, está contribuindo de forma positiva para a evolução da espécie. Entretanto, numa visão comercial, esses herbívoros já poderiam passar a ser considerados como uma praga, pois poderão causar diretamente danos econômicos, alterando as condições físicas e químicas do fruto. Contudo, foi verificado que os padrões de a distância da “planta-mãe” não são fatores que explicam a predação em frutos de *A. aculeata*. Além disso, a concentração de recurso, a arquitetura da planta e a exposição dos frutos foram fatores que contribuíram para o aumento na proporção de frutos predados. Assim, as interações ecológicas também são responsáveis por essas modificações, nos padrões de predações, nos frutos de *A. aculeata*.

3.7 REFERÊNCIAS

ALLMEN, C.V.; MORELLATO, P.C.; PIZO, M.A. Seed predation under high seed condition: the palm *Euterpe edulis* in the brazilian atlantic forest. **Journal of Tropical Ecology**, v. 20, p. 471-474, 2004.

ALVES, M.R.P.; DEMATTÊ, M.E.S.P. **Palmeiras**: características botânicas e evolução. Campinas: Fundação Cargil, 1987. 129 p.

AUGSPURGER, C.K. Seed dispersal of the tropical tree, *Platypodium elegans*, and the escape of its seedlings from fungal pathogenes. **Journal of Ecology**, v. 71, p. 759-771, 1983.

BECKAGE, B.; CLARK, J.S. Does predation contribute do tree diversity? **Oecologia**, v. 143, n. 3, p. 458-469, 2005.

CHAPMAN, C.A.; CHAPMAN, L.J. Survival without dispersers: seedling recruitment under parents. **Conservation Biology**, v. 9, p. 675-678, 1995.

CRAWLEY, M.J. Seed predators and plant population dynamics. In:_____. **Seeds**: the ecology of regeneration in plant communities. Wallingford: CABI, 1992. p. 157-191.

CRAWLEY, M.J. **Statistical computing**: an introduction to data analysis using S-Plus. [s.l.]: John Wiley & Sons, 2002. 761 p.

FEENY, P. Plant apparency and chemical defense. In: WALLACE, R.L.; MANSELL, R. L. (Eds.). **Biochemical interactions between plants and insects**: recent advances in phytochemistry. New

York: Plenum, 1976.

FENNER, M. **Seed ecology**. New York : Chapman and Hall, 1985. 151 p.

FILHO, O.B.M.; BUENO, G.T. **Minas Gerais do século XXI: reinterpretando o espaço mineiro**. Belo Horizonte: BDMG, 2004. 2 v.

HOLL, K.D.; LULLOW. M.E. Effect of species habitat and distance from edge on post dispersal seed predation. **Biotropica**, v. 29, n. 4, p. 459-468, 1997.

HOWE, H.F. Implications of seed dispersal by animals for tropical reserve management. **Biological Conservation**, v. 30, p. 261-281, 1984.

HOWE, H.F.E.; SCHUPP, W.; WESTLEY, L.C. Early consequences of seed dispersal for a neotropical tree (*Virola surinamensis*). **Ecology**, v. 66, p. 781-791, 1985.

HOWE, H.F.; SMALLWOOD, J. Ecology of seed dispersal. **Annual Review Ecology and Systematics**, v. 13, p. 201-228, 1982.

JACQUEMYN, H.B.J.; HERMY, M. Forest plant species richness in small, fragmented mixed deciduous forest patches: the role of area, time and dispersal limitation. **Journal of Biogeography**, v. 28, p. 801-812, 2001.

JANZEN, D.H. *Acrocomia vinifera* (Coyol). In: _____. **Costa Rican natural history**. Chicago: University of Chicago Press, 1983. p. 184-185.

JANZEN, D.H. Specificity of seed-attacking beetles in a Costa Rican deciduous forest. **Journal of Ecology**, v. 68, p. 929-952, 1980.

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

JANZEN, D.H. Escape of *Cassia grandis* L. beans from predators in time and space. **Ecology**, v. 52, p. 964-979, 1971 b.

JANZEN, D.H. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist**, v. 104, p. 501-528, 1970.

JORDANO, P.M. *et al.* Ligando a frugivoria e dispersão de sementes à biologia da conservação. In: DUARTE, C.F. *et al.* **Biologia da conservação: essências**. São Paulo: Rima, 2006.

LEAL, I.R.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between fungus-growing ants (Attini) fruits and seeds in cerrado vegetation in southeast Brazil. **Biotropica**, v. 30, n. 2, p. 170-178, 1998.

LEVERY, D.J. Why we should adopt a broader view of Neotropical migrants? **Auk**, v. 111, p. 233-236, 1994.

MARTIN, P.S.; KLEIN, R.G. **Quaternary extinctions: a prehistoric revolution**. 3rd ed. London: The University of Arizona Press, 1995.

PASSOS, L.; OLIVEIRA, P.S. Interactions between ants fruits and seeds in a restinga forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, v. 19, p. 261-270, 2003.

PERES, C.A. Synergistic effects of subsistence hunting and habitat fragmentation on Amazonian forest vertebrates. **Conservation Biology**, v. 15, p.1490-1505, 2001.

R DEVELOPMENT CORE TEAM 2007. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foudation for Statistical Computing, 2007. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 20 ago. 2007.

ROOT, R.B. Organization of a Plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). **Ecological Monographs**, v. 34, n. 1, p. 95-124, 1973.

SCARIOT, A. Seed dispersal and predation of the palm *Acrocomia aculeata*. **Principes**, v. 42, n.1, p. 5-8, 1998.

SCARIOT, A.; ILERAS, E.; HAY, J. Reproductive biology of the palm *Acrocomia aculeata* in Central Brazil. **Biotropica**, v. 23, p. 12-22, 1991.

SILVA, F.R. *et al.* Predação de sementes de *Syagrus romanzoffiano* (Cham.) Glassman (Arecaceae) por insetos na Ilha de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 681-683, 2007.

SILVA, J. C. **Macaúba**: fonte de matéria-prima para os setores alimentício, energético e industrial. Viçosa, MG: CEDAF/DEF/UFV, 1994.

SILVA, M.G.; TABARELLI, M. Seed dispersal, plant recruitment and spatial distribution of *Bactris acanthocarpa* Martius (Arecaceae) in a remnant of atlantic forest in northeast Brazil. **Acta Oecologica**, v. 22, p. 259-268, 2001.

TRAVESSET, A. Pre-dispersal seed predation in Central American *Acacia farnesiana*: factors affecting the abundance of co-occurring bruchid beetles. **Oecologia**, v. 87, p. 570-576, 1991.

WRIGHT, S.J. The myriad consequences of hunting for vertebrates and plants in tropical forests. **Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics**, v. 6, p. 73-86, 2003.

4. CONCLUSÃO GERAL

Para o estudo dos padrões de predação dos frutos de *A. aculeata*, foram utilizadas duas escalas temporais: antes do processo de dispersão e após a dispersão. Como resposta aos padrões de predação dos frutos de *A. aculeata*, após o processo de dispersão, a distância da “planta-mãe” não foi um fator que respondeu positivamente à predação dos frutos. Porém a concentração de recursos e a aparência das plantas foram fatores significativos. Esses resultados corroboram a hipótese da concentração de recursos (ROOT, 1973) e a hipótese da aparência das plantas (FEENY, 1976). Já em uma outra escala espacial, em frutos pré-dispersos, a concentração de recurso não foi uma condição responsável pelo aumento nas taxas de ataque dos frutos, enquanto a aparência da planta respondeu significativamente ao ataque dos frutos. Esse resultado corrobora a hipótese da aparência das plantas (FEENY, 1976). Além desses, outros fatores e interações são responsáveis pelo processo de predação de frutos de *A. aculeata*. A determinação desses padrões de predação é um processo complexo e difícil de ser estabelecido. Por outro lado, o conhecimento dessas interações auxilia na melhor maneira de conservar e preservar os ecossistemas.

ANEXOS

a) Endocarpo de *A. aculeata* coletado em pós-dispersão, com orifício resultante da predação pelo inseto *Pachymerus sp.*



Fonte: FONSECA, 2007

b) Endocarpo de *A. aculeata*, sem amêndoa, após ataque do predador *Pachymerus sp.*



Fonte: FONSECA, 2007

c) Os vários estágios de desenvolvimento do predador, encontrados no endocarpo dos frutos de *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007

d) Amêndoa dupla, inteira, de *A. aculeata*, com ausência aparente de predação



Fonte: FONSECA, 2007

e) Frutos de *A. aculeata*, em diferentes estágios de maturação



Fonte: FONSECA, 2007

f) Fruto de *A. aculeata*, coletado em pré-dispersão, com presença de resina no mesocarpo



Fonte: FONSECA, 2007

g) Epicarpo de *A. aculeata* coletado em pré-dispersão infestado por fungos



Fonte: FONSECA, 2007

h) Câmara úmida para crescimento dos fungos isolados dos frutos de *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007

i) Fruto imaturo de *A. aculeata*, coletado em pré-dispersão, com ataque no epicarpo



Fonte: FONSECA, 2007

j) Fruto imaturo de *A. aculeata*, com ataque no endocarpo, por roedor



Fonte: FONSECA, 2007

k) Partes do fruto maduro de *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007

l) Frutos inteiros de *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007

m) Estruturas reprodutoras feminina e masculina de *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007

n) Visão completa da inflorescência da palmeira *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007

o) Ilustração da palmeira *A. aculeata* e o detalhe dos acúleos sobre o estipe da palmeira



Fonte: FONSECA, 2006

p) Torno de bancada utilizada para abrir o endocarpo dos frutos de *A. aculeata*



Fonte: FONSECA, 2007