**ASPECTOS DA POLINIZAÇÃO BIOLÓGICA DA
MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher)
NO BRASIL**

FRANCISCO DEOCLÉCIO GUERRA PAULINO
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. LUÍS CARLOS MARCHINI

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração:
Entomologia

PIRACICABA
Estado de São Paulo-Brasil
Novembro de 1997

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Paulino, Francisco Deoclécio Guerra

Aspectos da polinização biológica da macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) no Brasil / Francisco Deoclécio Guerra Paulino. - - Piracicaba, 1997.

95 p.

Tese (doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Inseto 2. Macadâmia 3. Mel 4. Polinização 1. Título

CDD 634.57

ASPECTOS DA POLINIZAÇÃO BIOLÓGICA DA MACADÂMIA
(*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) NO BRASIL

FRANCISCO DEOCLÉCIO GUERRA PAULINO

Aprovada em: 06 de março de 1998.

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Luís Carlos Marchini

ESALQ/USP

Prof. Dr. João Alexio Scarpate Filho

ESALQ/USP

Prof^a. Dr^a. Regina H. N. Couto

UNESP/Jaboticabal

Dr^a. Augusta C. de C. Carmello Moreti

IZ/Nova Odessa

Dr^a. Marinéia de Lara Haddad

ESALQ/USP

Prof. Dr. Luís Carlos Marchini
Orientador

À meu pai Antônio Paulino e ao meu irmão Antônio Airton (in memorian)

À minha mãe
Gildete,
Sogra
Adalgisa,
Cunhadas,
Agicilda e Aracy
AGRADEÇO

À minha mulher
Áurea,
Filhos
Diego e Lucas,
Irmãos
Amilcar, Luciano, Anete e Maria de
Fátima,
Concunhado,
Heliomar Sampaio e
Maria Clécia,
OFEREÇO

Aos humildes lavradores do sertão canindeense,
pela sinceridade e a harmoniosa convivência,
durante minha infância e adolescência,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Departamento de Entomologia, pela oportunidade de realização dos cursos de Mestrado e Doutorado.

Ao Prof. Dr. Luís Carlos Marchini, do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pela orientação e pelos valiosos ensinamentos em Apicultura.

À Universidade Federal do Ceará (UFC), pela oportunidade de realização dos cursos de Pós-Graduação em nível de Mestrado e Doutorado e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela Concessão da bolsa.

Aos professores do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP, pelos bons ensinamentos, compreensão e incentivo.

Ao prof. Dr. Sinval Silveira Neto do Departamento de Entomologia da ESALQ/USP e a Dr^a Vera Letizio Machado do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da UNESP-Rio Claro-SP e ao colega Charles Martins, pela identificação dos insetos.

Aos funcionários do Departamento de Entomologia, especialmente o Técnico Agrícola Vítor Celso, Cibele, Solange, Regina, Aninha, Neide, Tutu, João Gorá e Carlinhos e aos estagiários, Fábio, Valéria e Gleuber Texeira, pela colaboração e auxílios prestados.

Aos funcionários e dirigentes da Biblioteca Central da ESALQ/USP, especialmente, Kátia e Eliana, pela colaboração na revisão das referências e na busca do material bibliográfico.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pela cessão da área experimental, na Estação Experimental de Tietê (EETietê).

Aos Drs. José Carlos Sabino ,Armando Pettinneli e Mário Ojima do IAC, pelas valiosas informações durante a realização deste trabalho.

Ao prático agrícola Afonso Pessato pelo auxílio na coleta de dados e aos funcionários Euclides Bom, José Marteline e José Capelline e demais funcionários da Extensão Experimental de Tietê, pelo o apoio na realização dos trabalhos de campo.

Aos amigos, Roberto Barreto, Renato Arleu, Nonato Távora, Sônia Komatsu, Maurício Urse, Fernando Mendes, Vanglésio, Luiz Artur, Mustafá e Elza, Ronald e Marineide, Robson e Solange, Ferdinando e Alba, Marluce, Eliane e Lucineide Montenegro pelo incentivo, consideração, estima e a alegre convivência.

À família Paiva Freitas, especialmente João Inoscêncio, João Paiva, José Paiva, Luiz Paiva, Francisco Paiva, Carlos Augusto, Regis, Amilcar e Francisco Marcos, pela consideração, estima, incentivo e a alegre convivência.

Ao Prof. Raimundo Holanda de Farias da UFC, pelo incentivo, consideração e pelos seus bons serviços prestados à comunidade universitária cearense.

Aos cunhados, Roberto Morse, Jorge Washington, Adalcy, Alcegis e Luci Montenegro, pela estima, consideração e incentivo.

Aos colegas do Departamento de Entomologia, em especial, Charles Martins, Mário Sato, Marcos Tamai, Alcides, Luiz Alves, Geraldo Andrade, Américo I. Ciociola Jr., Nelson, Marccone, Fernando Javier, Cláudio Marcelo, Carlos Alfredo, Elton, Denise, Eliane, Sônia Torrecillas, Reginaldo Barros, Marina, Olzeno Trevisan, Manoel Uchôa, Lino e Mônica pela convivência e companheirismo.

Aos sobrinhos, Vicente Alcides, Heliomar Segundo, Tiago, Clécio, Roberto Rivelino, César Alcides, Roberta, Gardênia, Adriana Luciana, Ana Paula, Gislene, pelo carinho, estima, consideração e a alegre convivência.

Aos tios, Gerardo, José Paulino, Rita Ilca e Rita Paulino pela estima e consideração.

A todos aqueles que direta ou indiretamente, deram sua valiosa parcela de contribuição para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pagina
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
RESUMO.....	xi
SUMMARY.....	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1 A macadâmia (<i>M. integrifolia</i>).....	5
2.2 O cultivo da macadâmia no Brasil.....	7
2.3 Origem, dispersão e taxonomia	8
2.4 Alguns aspectos das principais variedades de macadâmia introduzidas e desenvolvidas no Brasil.....	12
2.5 Descrição de alguns cultivares havaianos e brasileiros.....	13
2.6 Alguns aspectos da biologia floral da macadâmia.....	17
2.6.1 Inflorescências e flores.....	17
2.6.2 Época de florescimento, frutificação e características dos frutos....	19
2.6.3 Antese, deiscência da antera e receptividade do estigma	22
2.7 Importância da polinização biológica para noqueira macadâmia.....	25
2.7.1 Polinização biológica da macadâmia	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 Localização da área experimental.....	34
3.2 Caracterização da área experimental.....	34
3.2.1 Clima	34
3.2.2 Solo e relevo.....	35
3.2.3 Vegetação primitiva e atual.....	36

3.3 Teste de polinização em cultura de macadâmia	36
3.3.1 Frutos fixados	36
3.3.2 Insetos visitantes.....	38
3.3.3 Número, horário e duração de visitas.....	38
3.3.4 Coleta de néctar e pólen por <i>A. mellifera</i> L. 1758	38
3.3.5 Número de visitas na parte externa e interna da copa	39
3.3.6 Quantidade de pólen transportado por <i>A. mellifera</i> e fidelidade de visitas	39
3.3.7 Análise centesimal dos frutos	40
3.3.8 Determinação do peso e diâmetro dos frutos.....	40
3.3.9 Análise química de mel de flores de macadâmia produzido por <i>A. mellifera</i> L. 1758.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
4.1 Insetos visitantes	42
4.1.1 Horário e número de visitas.....	51
4.1.2 Número de visitas na parte interna e externa da copa	55
4.1.3 Duração de visitas	59
4.1.4 Coleta de néctar e pólen.....	62
4.1.5 Quantidade de grãos de pólen conduzidos por <i>A. mellifera</i> e fidelidade de visitas.....	67
4.1.6 Número de frutos fixados.....	69
4.1.7 Análise química de mel das flores de macadâmia produzido por <i>A. mellifera</i> L. 1758	79
4.1.8 Características físicas e qualitativas dos frutos de macadâmia.....	81
5. CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87

LISTA DE FIGURAS

1 Gaiola para ensacar panículas.....	37
2 Número médio de visitas de abelhas às panículas de macadâmia em diferentes horários. Tietê (SP), 1996.....	54
3 Média do número de visitas de <i>Apis mellifera</i> L. em duas distintas partes da copa. Tietê (SP), 1997.....	56
4 Visitas de <i>Apis mellifera</i> L. às panículas de macadâmia, localizadas na parte interna e externa da copa. Tietê (SP), 1997.....	57
5 Duração de visitas de abelhas às panículas de macadâmia Tietê (SP), 1996.....	60
6 Média do número de abelhas <i>A. mellifera</i> coletoras de néctar e pólen em panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.....	64
7 Coleta de néctar e pólen por abelhas <i>A. mellifera</i> em panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.....	64
8 Efeito do ensacamento e não ensacamento de panículas de macadâmia na fixação de frutos dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Tietê (SP), 1996.....	70
9 Médias do número de frutos fixados em panículas de macadâmia, ensacadas e não ensacadas. Tietê (SP), 1996.....	73
10 Efeito do tempo de avaliação na abscisão de frutos dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 2-23. Tietê (SP), 1996.....	75
11 Efeito da polinização e do tempo de avaliação na fixação de frutos em panículas de três cultivares de macadâmia. Tietê (SP), 1996.	76

LISTA DE TABELAS

1 Insetos capturados nas inflorescências de macadâmia no período de agosto à setembro de 1996. Tietê (SP).....	43
2 Média do número de visitas de abelhas às panículas de macadâmia em diferentes horários. Tietê (SP), 1996.....	53
3 Médias de visitas de <i>A. mellifera</i> às panículas de macadâmia no cultivar IAC 4-12B em duas distintas posições. Tietê (SP), 1996.....	55
4 Média de duração de visitas (s) de abelhas às panículas de macadâmia em diferentes horários. Titê (SP), 1996.....	59
5 Médias do número de abelhas <i>A. mellifera</i> coletando néctar e pólen em panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.....	63
6 Média do número de grãos de pólen conduzidos por abelhas e fidelidade de visitas. Tietê (SP), 1997	68
7 Média do número total de frutos fixados em panículas de macadâmia dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Tietê (SP), 1996	70
8 Médias do número de frutos fixados em panículas de macadâmia por cultivar em avaliações (30 e 60 dias). Tietê (SP), 1996.....	73
9 Médias do número de frutos fixados em panículas de macadâmia, dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Tietê (SP), 1996.....	75
10 Resultado da análise química de mel das flores de macadâmia e valores das variáveis das especificações técnicas brasileira	80
11 Diâmetro (cm) das nozes de dois cultivares de macadâmia, Tietê (SP), 1997	82

12	Peso (g), rendimento de amêndoa (%) e composição centesimal (%) de amêndoas de nozes macadâmia, dos cultivares IAC 4-12 B e IAC 2-23, Tietê (SP),1997	83
----	---	----

ASPECTOS DA POLINIZAÇÃO BIOLÓGICA DA MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) NO BRASIL

Autor: Francisco Deoclécio Guerra Paulino

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Marchini

RESUMO

Foram realizados estudos de polinização em três cultivares de macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) (IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20), visando determinar os insetos visitantes das panículas, horário, número e duração de visitas para *Apis mellifera* e *Trigona*, coleta de néctar e pólen por *A. mellifera*, influência da polinização na fixação inicial de frutos e sua qualidade, e a caracterização do mel produzido das flores de macadâmia por *A. mellifera*. Os estudos foram conduzidos na Estação Experimental de Tietê (São Paulo), localizada entre as coordenadas geográficas 47° 44' WG-47° 42' WG e 22° 59' 01' S. Os resultados obtidos mostraram que 20 espécies de insetos foram coletadas nas panículas, sendo a espécie *A. mellifera* a mais abundante e responsável por 96 % das visitas, sendo o restante distribuído entre as demais espécies. O número de visitas foi crescente a partir das 7:40h, ocorrendo um pico às 10:40h e outro entre 13:40h e 14:40h. A média do número de visitas por estes insetos na parte interna e externa da copa, foi respectivamente de 14,6 e 18,6, havendo preferência pela parte externa. A média geral de duração de visitas foi de 30 segundos por panícula e às 14:40h, 12:40h e 15:00h as visitas foram mais longas, variando entre 41 e 43 segundos. Para *Trigona*, o número e duração de visitas foi sempre menor do que para *A. mellifera*, em todos horários.

estudados. As abelhas melíferas forragearam tanto por néctar como por pólen, sendo a média geral de coletoras de néctar e pólen, respectivamente, de 10 e 2. Estas abelhas apresentaram uma fidelidade de visitas entre 97,94 e 100 % às flores de macadâmia. Nas panículas não polinizadas apresentaram uma redução de 98,1 % na fixação dos frutos, sendo significativamente diferente entre os cultivares, com médias de 183,1, 123,1 e 56,6 no número de frutos fixados, respectivamente para IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. As panículas não polinizadas as médias por cultivares foram significativamente menores, sendo estas de 3,5, 3,0 e 0,3, respectivamente. Estes cultivares apresentaram média de 81,50 % de abscisão de frutos aos 60 dias. O mel produzido das flores de macadâmia por *A. mellifera* caracterizou-se como de mesa pelo resultados da análise química. A análise química dos frutos demonstrou que houve um aumento no rendimento de amêndoas para as nozes produzidas em panículas polinizadas de 29 e 6 %, respectivamente, para os cultivares IAC 4-12B e IAC 2-23 e um aumento do teor de óleo de 5,4 e 4 %, respectivamente. As nozes do cultivar IAC 4-12B, apresentaram maior diâmetro em panículas polinizadas, sendo o aumento de 23 % em relação as não polinizadas.

BIOLOGICAL POLLINATION OF MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) in Brazil

Author: Francisco Deoclécio Guerra Paulino

Adviser: Dr. Luís Carlos Marchini

SUMMARY

This research deals with the pollination on tree *Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher cultivars (IAC 2-23, IAC 4-12B and IAC 4-20). The following parameters were studied: insects visiting the panicles, time, number and duration of visits by *Apis mellifera* e *Trigona*; collecting of nectar and pollen by *Apis mellifera*; influence of pollination on the fixation of the fruits and on their quality; and the characterization of honey produced from macadamia flowers by *A. mellifera*. The results were as follows: 20 insect species were collected on the panicles, being *A. mellifera* responsible for 96 % of the visits. The number visits increased from 7:40 a.m , with a peak at 10:40 a.m and other between 1:40 p.m and 2:40 p.m. The number and duration of visits by *Trigona* were always higher than those by *A. mellifera*. Panicles inside paper bags presented a reduction of 98.1 % on the fixation of fruits. The honey produced from macadamia flowers was fine, according to the chemical analysis that also indicated increase of almonds yield, produced in panicles which were not bagged for the cultivars IAC 4-12B and IAC 2-23 (29 and 6 %, respectively) The fruits of cultivars IAC 4-12B presented larger diameter in free panicles (23 % larger than those from bagged panicles).

1 INTRODUÇÃO

Macadâmia é uma árvore frutífera da família Proteaceae, originária da floresta de chuva da costa subtropical da parte oriental da Austrália, onde encontra-se em estado nativo em regiões abrangidas pelas latitudes 23° a 29° S. As variedades comerciais foram selecionadas a partir de duas principais espécies: *M. integrifolia* Maiden & Betche e *M. tetraphylla* L. A. S. (Johnson, 1954; Smith, 1956). Sua importância no cenário da fruticultura mundial está relacionada com o valor econômico e nutritivo de seus frutos, conhecidos vulgarmente por nozes. Com relação ao seu valor nutritivo, é expresso através do consumo de amêndoas cruas, fritas no óleo do coco, no seu próprio óleo, além de outras formas de consumo, como cobertura de chocolate, e a utilização dos fragmentos de suas amêndoas em tortas, bolos, biscoitos e outros doces, destacando-se seu alto valor calórico de 694 calorias/100g (Bahia, 1991; Dierberger & Marino Netto, 1985).

O Havaí é o maior produtor e comercializador da noz macadâmia no mundo. Produziu 22.000 toneladas em 1992, gerando uma receita de 32.640.000 dólares para o arquipélago havaiano em 1993 (Agricultural Statistics, 1993). Seguindo o Havaí, a Austrália é o segundo maior produtor mundial de macadâmia, sendo também este país, na sua parte oriental, o local de origem desta frutífera (Bahia, 1991).

No estado do Havaí, o rendimento médio da macadâmia é elevado, com uma produção em torno de 4,2 toneladas/ha. Este índice é superior ao encontrado na Austrália, muito embora, este país apresente árvores, cuja padrão de produtividade é equivalente ao havaiano, com 45kg /árvore/ano.

Além do Havaí e Austrália, os dois maiores produtores mundiais de macadâmia, esta noz também é produzida na África do Sul, América do Sul e Central, onde se destacam como produtores, a Costa Rica e Guatemala.

A produção de frutos de macadâmia foi estimada em 64.130 toneladas para o biênio 1996/97. Deste modo, a estimativa do percentual de aumento de produção pelos sete maiores produtores mundiais, Austrália, Brasil, Costa Rica, Guatemala, Quênia, África do Sul e Estados Unidos, é de 18; 5; 9; 5; 105; 22 e 8 %, respectivamente, em relação a safra de 1995/96 (Kirby-Strzelecki, 1997).

A produção e a exportação de frutos de macadâmia continua crescente, devido a grande demanda. A estimativa de exportação para 1996/97 é de 34.395 toneladas métricas, correspondendo uma estimativa de aumento de exportação de 16 % pela Austrália, Quênia e Estados Unidos, considerados os maiores exportadores mundiais (Janis et al., 1997).

No Brasil a produção, de macadâmia é ainda pouco expressiva. Nos estados de São Paulo, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Goiás e Minas Gerais a área de ocorrência desta frutífera, tem um total de 4123 ha, dos quais, 725 encontram-se em produção. Os estados de São Paulo, Bahia e Espírito Santo, suportam mais de 90% do plantio desta frutífera, estando o restante distribuído nos demais Estados produtores (Bahia, 1991).

Como aspectos positivos da cultura, podemos citar a sua alta rentabilidade, o baixo custo de produção em relação aqueles apresentados pelos principais produtores mundiais, Havaí e Austrália (Martin, 1992), as condições climáticas de algumas regiões do país, a vida útil da planta de até 80 anos, a versatilidade das formas de consumo das amêndoas, enfim, as grandes perspectivas de exportação para outros países, haja visto que, a oferta mundial

atende apenas 15% da demanda de amêndoas (Bahia, 1991). Por outro lado, os hábitos vegetativos e produtivos das plantas permitem a utilização de tratamentos culturais paralelos aqueles dispensados às grandes culturas com exigências climáticas similares, tais como: o café, citro e cana-de-açúcar, servindo-lhes de alternativas de grande interesse social e econômico (Ojima et al., 1995).

A produção comercial tem início no quinto ano após o plantio, apresentando um rendimento médio de 3 a 5 kg/árvore/ano, e atinge a maturidade fisiológica aos 12 anos com uma produção de 30 a 40 kg/árvore/ano, com 15% de umidade e teor de óleo superior a 70% (Bahia, 1991). O período da safra estende-se de janeiro a julho, conforme a variedade e a região, com uma duração média de 90 dias (Bahia, 1991).

No estado de São Paulo, as estimativas preliminares são de 5 toneladas/ha/ano, em pomares adultos e bem conduzidos com a colheita no período de março a maio a partir do 4º ano de instalação (Ojima et al., 1995).

Dados disponíveis sobre o efeito positivo da polinização biológica em macadâmia no aumento do rendimento de frutos encontram-se na literatura, principalmente no seu país de origem. No entanto, no Brasil, dados desta natureza são ainda praticamente desconhecidos, por se tratar de uma frutífera exótica e ter sido introduzida em nosso país na década de 30. Não obstante, existem algumas informações a respeito da auto-incompatibilidade em alguns cultivares (Dierberger & Marino Netto, 1985; Sacramento, 1996) e informações de que as flores desta frutífera são melíferas e apresentam uma grande atratividade para os insetos polinizadores (Bahia, 1991).

A macadâmia é uma árvore que depende em parte da ação dos agentes polinizadores entomófilos para obtenção de rendimentos satisfatórios, portanto, a introdução de colmeias de abelhas nos pomares é uma prática aconselhável, para aumentar a fixação inicial e final de frutos, assim como, aumentar a produção e melhorar a qualidade.

O presente trabalho teve como objetivo, determinar a entomofauna polinizadora e/ou visitante das panículas, influência da polinização biológica na melhoria da qualidade dos frutos, horário, número e duração das visitas de *Apis* e *Trigona* às panículas, horário e número das visitas de *A. mellifera* a diferentes partes da copa das plantas, fidelidade de visitas e análise química do mel produzido das flores por *A. mellifera*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

A macadâmia é uma planta originária da Austrália Oriental, particularmente das províncias de Queensland e New South Wales. Esta noqueira apresenta boa adaptabilidade às diversas condições climáticas dentro das regiões subtropicais e tropicais, bem como de solo, e encontra-se em estado nativo em território australiano numa área delimitada pelas latitudes 23° e 29° S (Myazaki, 1982).

Os cultivares desta noqueira são explorados pelos seus frutos comestíveis e são derivados de duas espécies que hibridizaram livremente; *M. integrifolia* Maiden & Betche e *M. tetraphylla* L. A. S. Johnson. Pertence à família Proteaceae, tendo como habitat nativo a floresta de chuva da costa Sul de Queensland e Norte de New South Wales, Austrália (Trueman & Turnbull, 1994).

Esta frutífera é cultivada comercialmente na Califórnia, América Central e do Sul, bem como na parte oriental e Sul do Continente africano, no Havaí, Austrália sendo estes dois últimos os principais produtores (Trueman & Turnbull, 1994).

O principal objetivo do cultivo desta noqueira é a obtenção de amêndoas, produto este, que vem alcançando no âmbito da comercialização

local e através da exportação, uma considerável importância econômica para os países produtores, como o Havaí, que domina sua produção e sua comercialização, representando este produto o terceiro maior gerador de renda para a economia havaiana, perdendo apenas para o açúcar e o abacaxi (Bahia, 1991).

A Austrália, apesar de ser o país de origem desta planta, não apresenta condições climáticas favoráveis para seu cultivo, como apresenta o Havaí. Assim sendo, a Austrália apresenta uma menor produção, em torno de 11.000 toneladas em 1990, sendo 80% desta produção destinado à exportação para Europa, Japão e América do Norte, tendo estes países importado 5%, 15% e 80 % deste percentual, respectivamente (Bahia, 1991). Com relação a produção de amêndoas dos demais países produtores, as informações são ainda mais inconsistentes (Bahia, 1991). No entanto, a África do Sul exporta sua produção para os Estados Unidos, a qual foi de 1.500 toneladas em 1989. Destacam-se ainda como produtores, a Costa Rica, Guatemala, Califórnia, China, Tailândia e Nova Zelândia.

Além da amêndoa, a macadâmia é uma árvore bastante utilizada em paisagismo como planta ornamental nas circunvizinhanças das casas (residenciais) e em parques públicos, aparece comumente ao longo das avenidas arborizadas da Califórnia e da Austrália (Dierberger & Marino Netto, 1985).

A madeira não é empregada na construção, no entanto, seu melhor emprego é no artesanato porque apresenta bom talho, uma atraente cor avermelhada e textura de excelente qualidade, além de aceitar bem o perfeito polimento. No seu habitat natural, e somente lá, a árvore serve de alimento para os índios (Dierberger & Marino Netto, 1985).

O principal valor da macadâmia encontra-se na produção de noz de alta qualidade, cujo óleo é considerado superior ao azeite de oliva. As nozes são também recomendadas como as mais indicadas para a confecção de confeitos. Segundo Mortensen & Bullard (1971) as nozes macadâmia possuem alto poder

nutritivo, contendo 73% de azeite quando maduros e são boa fonte de cálcio, fósforo, ferro, e vitaminas B, além de conter em torno de 9% de proteína e açúcar. A sua importância também está relacionada com a versatilidade de seu uso pelos consumidores, podendo ser consumida “in natura”, torrada, frita ao óleo de coco adicionando-se sal, sorvetes, confeitaria e bolos, no preparo de caipirinha e muito utilizadas nas festas de final-de-ano.

2.2 O cultivo da macadâmia no Brasil

A macadâmia é uma frutífera cultivada em clima subtropical, mas que produz muito bem em clima tropical, portanto, encontrou no Brasil condições favoráveis para seu cultivo, dada a grande diversidade de solo e clima deste país.

Apesar da pouca expressividade da cultura da macadâmia no Brasil, várias são as razões para se acreditar no seu potencial neste país. Fatores como a alta rentabilidade, a competitividade do Brasil com os países maiores produtores do mundo em termos de custo de produção, condições edafoclimáticas a vida útil da planta bastante alongada, (80 anos), a versatilidade de formas de consumo do produto, associado as grandes perspectivas de um mercado de exportação internacional, que atualmente a oferta atende apenas a 15% da demanda, dão a essa cultura uma grande perspectiva de exploração(Bahia, 1991).

O cultivo desta proteácea no Brasil teve início na região Sudeste, precisamente no estado de São Paulo, encontrando-se hoje disseminada pelos estados do Espírito Santo, Bahia, Rio de Janeiro, Goiás, e Minas Gerais. O país possui atualmente uma área plantada de 4123 ha, dos quais, 725 encontram-se em produção, no entanto, vale ressaltar que o estado de São de Paulo é pioneiro no cultivo desta frutífera e também o maior centro de pesquisas desta proteácea, assim como, o maior produtor de noz (Bahia, 1991). Os trabalhos de

experimentação com esta planta tiveram início no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), no ano de 1955, quando foram introduzidas do Havaí sementes das variedades Keauhou, Waialua e Kakea (Ojima et al., 1989).

2.3 Origem ,dispersão e taxonomia

A descoberta da noqueira-macadâmia foi atribuída ao herborizador alemão Ludwig Leichhardt, conhecido como um explorador da costa leste australiana, onde coletou várias espécies vegetais, e entre elas , a macadâmia no ano de 1843. No entanto, os principais plantios desta noqueira em território australiano, só vieram ocorrer em 1870, em Alstoville, tendo como líder John Bucknell Waldron, que em 1907, utilizando ferramentas rudimentares já produzia amêndoas de macadâmia torradas e salgadas, dando assim, o primeiro passo para a implantação desta indústria em território australiano (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Outra informação sobre a origem da macadâmia revela que esta frutífera é originária da parte oriental da Austrália, especificamente das províncias de Queensland e New South Wales , tendo sido descoberta , coletada e classificada em 1850 (Bahia, 1991).

A macadâmia é uma espécie arbórea de clima subtropical e tropical, onde apresenta bom desenvolvimento (Heard, 1993,1994).A sua origem é a floresta de chuva da costa Sul de Queensland e Norte de New South Wales , Austrália (Trueman & Turnbull, 1994).

De seu território de origem, esta planta foi levada para o Havaí em 1892 com a finalidade ornamental e de reflorestamento, no entanto, ao começar a ser utilizada como alimento, foi eleita como cultura intercalar nos cafezais daquele Estado, para sanar uma crise desta rubiácea, aumentando assim, o rendimento. No entanto, Dierberger & Marino Netto (1985) declaram que a primeira

introdução de macadâmia no Havaí ocorreu na ilha de Nonokoa, em 1878 por W. H. Purvis, sendo a segunda feita pelos irmãos R. A. e E V Jordan, em 1892, quando plantaram oito árvores no vale de Nunuandu, próximo de Honolulu.

Ao chegar ao Havaí, esta frutífera teve logo sua lei de proteção e incentivo ao seu cultivo, a qual isentava de taxas aquelas propriedades que a cultivasse como cultura única: graças a receptividade desta proteácea naquele Estado, houve a implantação de indústrias como a Hawaiana Macadamia Nut Company e a 'Castle & Cooke, Ltd', em 1922 e 1959, respectivamente. Assim sendo, por volta de 1959, a área plantada com macadâmia naquele Estado já somava 1.200 ha (Bittencourt, 1965).

Continuando o seu processo de dispersão, a macadâmia atingiu a Califórnia em 1879, quando um professor de Agricultura Prática do Colégio de Agricultura da Universidade da Califórnia, em Berkeley, fez sua introdução naquele território. O primeiro pomar com a espécie *M. tetraphylla* tinha uma área de 0,8 ha (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Com o advento da Segunda Guerra Mundial, o cultivo da macadâmia na Califórnia tomou um grande impulso, devido ao contato direto dos soldados americanos com o produto no Havaí e Califórnia. Este fato foi tão notório, que em 1966 o número de árvores plantadas na região Sudeste deste Estado era de aproximadamente 25.000.

Além do Havaí e Califórnia a macadâmia foi introduzida em diversos países, no entanto, as estatísticas de produção e outras informações não são tão disponíveis e consistentes como no Havaí e Austrália.

A noqueira-macadâmia também foi introduzida na África do Sul, cuja área plantada, ocupa em torno de 1600 ha, sendo o principal importador os Estados Unidos da América.

Na América Central a macadâmia foi introduzida na Costa Rica e na Guatemala, destacando-se estes dois países como os maiores produtores. No entanto, a Guatemala está fora das zonas propícias para a produção desta noz,

não obstante, usa áreas de grandes elevações e de boas condições climáticas, num total de 6.000 ha, dos quais 1200 já encontram-se produzindo (Bahia, 1991; Ojima et al., 1989).

Outros países como a China e a Tailândia, apesar das condições edafoclimáticas não serem adequadas a produção de *M. integrifolia*, cultivam esta noqueira, uma vez que os produtores locais, dispõem de uma boa tecnologia e alta capacidade de trabalho. Estes países contribuem de maneira pouco expressiva na produção mundial desta frutífera, num total de 300 ha (Bahia, 1991).

No curso de sua dispersão por diversas regiões do mundo, a macadâmia chegou ao Brasil na década de 30, quando ocorreu o desenvolvimento das primeiras plantações em caráter comercial, recebendo maior impulso na década de 80 em função das boas perspectivas do mercado internacional, que na época apresentava preços ascendentes (Bahia, 1991).

Os dados sobre os registros da introdução da noz macadâmia em território brasileiro informam que as três primeiras plantas da espécie *M.integrifolia*, procedente da Flórida, foram plantadas na fazenda Citra em Limeira, São Paulo, em 1931, com o objetivo de testar a aclimação das mesmas às nossas condições. (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Em 1955, o IAC importou 17 kg de sementes de *M. integrifolia* das variedades Keauhou, Ikaika, Waialua e Kakea, possibilitando a partir de então o desenvolvimento de variedades que se sobressaíram (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Em 1963, o Engº Agrº João Ernesto Dierberger, introduziu no Brasil sementes de macadâmia da variedade Keauhou, através da empresa havaiana Makiki Nursery de Honalulu, tendo obtido delas três importantes variedades, as quais, atualmente, são denominadas de 10-14 (Aloha), 4-20 (Avai) e Cak. A grande extensão territorial do Brasil, o baixo custo da mão-de-obra, que em 1992 variou de US\$ 0,60 a 1,20/hora e baixo preço do arrendamento da terra, que no Havaí

chega a ser 6,72 vezes maior do que em São Paulo (Martin, 1992), favorece o Brasil como um competidor dos grandes países produtores. No entanto, é bom lembrar que países como Austrália, África do Sul e o Estado do Havaí, possuem uma infra-estrutura formada para uma produção bastante tecnificada e assim sendo, eles dispõem de condições para ditar os preços no mercado mundial (Martin, 1992).

Em 1977, a empresa baiana, Bahia Agro-industrial, empresa de capital americano, introduziu oito variedades de macadâmia no Brasil, obtendo das mesmas os clones: Kau (344), Kakea (508), Keaau (560) Makai (800) e Mauka (741), que apresentaram uma maior aclimação para aquelas condições (Bahia, 1991).

Todas as espécies cultivadas foram selecionadas a partir de duas importantes espécies; *M. integrifolia* Maiden & Betche e *M. tetraphylla* L.A.S. Johnson (Free, 1993; Simão, 1971 e Vithanage, 1986). Pertencem também a esta família outros gêneros produtores de nozes comestíveis tais como: *Gevuina avellana*, *Brambejum stellatifolium*, *Hicksbea pinnatifolia*, *Helicia diversifolia*, *Panopsis suaveolens*, *Grevillea annulifera* (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Embora diversas espécies da família Proteaceae sejam produtoras de nozes, a espécie *M. integrifolia*, contém as principais variedades produtoras de nozes comestíveis, tendo sido, portanto, melhorada para este fim. Por outro lado, a espécie *M. tetraphylla*, contém as variedades mais utilizadas para reflorestamento (Bittencourt, 1965 e Dierberger & Marino Netto, 1985). Deste modo, a maioria dos trabalhos dirigidos à produção de nozes e que utilizam a polinização biológica para aumentar o rendimento e melhorar a qualidade destas, são realizados com a espécie *M. integrifolia*.

2.4 Alguns aspectos das principais variedades de macadâmia introduzidas e desenvolvidas no Brasil

Como as demais nozes, a macadâmia tem suas características modificadas de conformidade com o local onde é cultivada. Isto significa dizer que uma variedade que apresenta uma boa performance na Austrália, Havaí ou Costa Rica, poderá se comportar de modo diferente aqui no Brasil.

Stephenson & Gallagher (1990) encontraram diferentes rendimentos e qualidades para frutos de macadâmia em sete diferentes locais da Austrália, quando estes autores trabalharam com os cultivares 248 e 508.

Ito & Hamilton (1990) estudaram o rendimento de oito cultivares de macadâmia no Havaí, e encontraram que a precocidade do rendimento destes cultivares variou dependendo do local, sendo importante para o estudo da precocidade e da performance em diferentes localidades.

No Brasil, a maioria das variedades aqui introduzidas, vieram do Havaí (Dierberger & Marino Netto, 1985). Entre estas, merece destaque as variedades Keauhou, Kakea, Waialua e Campinas desenvolvida no nosso país pelo IAC, em São Paulo (Barbosa, et al., 1991).

O IAC, vem pesquisando a noqueira-macadâmia no Brasil há cerca de 40 anos, através da Seção de Fruticultura de Clima Subtropical, responsável pelo seu programa de melhoramento genético e cultural. Ao longo destes anos foram desenvolvidas seleções de superior qualidade (Bittencourt, 1965; Regitano & Ojima, 1970 e Viega et al., 1978, 1981).

Os trabalhos de seleção da noz macadâmia são direcionados para qualidades agronomicamente superiores, as quais são baseadas na produção de híbridos de adequado desenvolvimento vegetativo e reprodutivo, competitivos com os cultivares estrangeiros. Nestas seleções, tem-se tomado como parâmetro para qualificar as nozes: a deiscência dos carpelos, a espessura da casca ,

rendimentos de amêndoas inteiras, e uniformidade destas, o sabor adocicado e o peso médio adequado (Barbosa et al., 1991). Procedendo desta maneira, o IAC conseguiu selecionar até o presente momento, mais de 20 híbridos de superior qualidade, descendentes de cultivares havaianos e um brasileiro.

Entre as macadâmias F1 e F2 estudadas no decorrer dos anos pelos pesquisadores do IAC, destacam-se os cultivares “Keaumi” (IAC 4-20) e “Keaudo” (IAC 2-23), ambas pertencentes à primeira geração de “Keauhou”, em polinização livre (Barbosa et al., 1991).

Outras variedades descendentes da “Keauhou” também foram obtidas na Fazenda Citra em Limeira, Estado de São Paulo, denominadas de Alohá, Aval e Cak (Dierberger & Marino Netto, 1985).

No Estado da Bahia, a empresa Bahia Agro-industrial iniciou suas atividades com a cultura da macadâmia, introduzindo nove variedades do Havaí, com o objetivo de implantar a cultura desta noqueira naquele Estado. Os clones Kau (344), Kakea (508), Keaau (660) e Mauka (741), apresentaram melhor aclimação às condições daquele Estado, sendo portanto, a maior parte do plantio composto dos referidos clones (Bahia, 1991).

2.5 Descrição de alguns cultivares havaianos e brasileiros

O Havaí, foi praticamente o local de origem dos principais cultivares de macadâmia introduzidos em solo brasileiro, tendo os pesquisadores desta noqueira no Brasil recorrido aquele Estado em busca de material de superior qualidade para dar início a cultura desta planta em nosso país.

Das variedades havaianas aqui introduzidas, destacaram-se como material de boa performance: Keauhou, Ikaika, Waialua e Kakea (Barbosa et al., 1991).

Keauhou, são árvores que apresentam vigor mediano, com boa capacidade reprodutiva, acima de 40kg /ano; noz de tamanho médio a grande, com 7,2g; casca de espessura mediana; bom rendimento em amêndoas de 35 a 40 %, pesando cerca de 2,5g; sabor adocicado; 85 % das amêndoas, apresentam mais de 75 % de óleo.

A variedade Waialua, do mesmo modo que a Keauhou, possui vigor mediano, com capacidade reprodutiva um pouco menor, em torno de 130 nozes por quilograma, com rendimento de amêndoa entre 80 a 82 % por quilograma de nozes em casca e casca delgada. Esta variedade apresenta produção mais precoce (Dierberger & Marino Netto, 1985).

A Ikaika apresenta capacidade reprodutiva similar a Waialua, no entanto, seu rendimento é de 65 a 70 % de amêndoas por quilograma de nozes em casca, porém como recompensa esta variedade apresenta a vantagem de produzir mesmo em condições ambientais pouco favoráveis.

Kakea, árvores vigorosas, que quando jovens apresentam a tendência de formar copas densas e pesadas, produção e rendimento de amêndoas de 120 nozes por quilograma e 70 a 80 % de amêndoas por quilograma de noz em casca.

Das variedades havaianas introduzidas no Brasil, o IAC através de seu corpo técnico produziu cerca de 20 seleções, das quais, quatro variedades, oriundas destas seleções foram apontadas como as melhores (Dierberger & Marino Netto, 1985). As variedades consideradas melhores foram: IAC. 2-23 (Keaudo), IAC 4-12 (Waialua), IAC 4-20 (Keaumi) e IAC 4-21 (Keaupa).

Para a seleção destas variedades as mesmas foram submetidas a um estudo de suas principais características, considerando-se para tanto, os dados médios do diâmetro dos frutos, peso, porcentagem de amêndoas, bem como a dureza da casca, os quais são variáveis usadas para denotar a qualidade destas nozes (Dierberger & Marino Netto, 1985).

A variedade IAC 2-23 (Keaudo) tem como progenitor a variedade havaiana Keauhou, caracteriza-se por ser uma planta vigorosa e produtiva,

acima de 40kg/ano/árvore; noz de tamanho média a grande pesando 8,0 g, casca fina e relativamente fácil de quebrar; boa percentagem de rendimento em amêndoas uniformes, próximo a 40 %, que pesam cerca de 3,2 g, sabor adocicado; 90 % das amêndoas apresentam um teor de óleo superior a 70 %.

A variedade IAC 4-20 (Keaumi) é também uma planta bastante vigorosa e produtiva, acima de 45 kg/ano/árvore; noz de tamanho médio a grande como na Keaudio, apresenta casca fina e fácil de quebrar; com percentagem de rendimento de amêndoas uniforme de 40 a 42 %, sabor e teor de óleo similar aquele da IAC 2-23.

No Quadro 01, encontramos uma comparação das principais características de algumas seleções do IAC, comparando-as com as variedades havaianas “Makai” (800 Haes) e “Keauhou” (246 Haes) consideradas mais importantes macadâmias do Havai.

Quadro 1. Análise laboratorial de noz e amêndoa de macadâmia.

Material	Nozes		Amêndoas					
	Amostra (Nº)	Peso (g)		Inteiras (%)	Peso (g)			
		úmida	seco		médio	total	médio	rendimento
"Kaaumi"(IAC 4-20)	20	187	151	7,5	50	61	3,0	40,4
"Keaudo"(IAC 2-23)	20	221	179	8,9	40	54	2,7	30,2
"Campinas" A	12	181	138	11,5	92	45	3,8	32,6
"Campinas" B	20	187	169	8,4	80	60	3,0	35,5
"Campinas" F	20	216	186	9,3	80	67	3,4	36,0
"Campinas" H	20	211	179	8,9	60	53	2,6	29,6
IAC 4-12B	20	207	154	7,7	40	54	2,7	35,1
IAC 1-21A	20	197	174	8,7	95	70	3,5	40,2
"Keauihou"(246 Haes)	18	181	141	7,8	44	45	2,5	31,9
"Makai"(800 Haes)	100	860	741	7,4	--	306	3,1	41,3

Fonte: Franco (1991).

2.6 Alguns aspectos da biologia floral da macadâmia

A biologia ou ecologia floral estuda a grande diversidade de fenômenos que ocorre na polinização das Angiospermas (Strasburger et al., 1988).

Seu estudo é de fundamental importância para o entendimento dos diversos tipos de comportamentos dos agentes polinizadores durante as interações agente polinizador/flor.

O estudo em particular da antese é de suma importância, haja visto que, após este fenômeno tem início as visitas dos agentes polinizadores. No entanto, não só a antese, mas a época de florescimento, sua duração, deiscência das anteras, receptividade do estigma, a fixação inicial e final de frutos, assim como, a própria morfologia da flor, produção de néctar e pólen são variáveis utilizadas com bastante frequência no estudo da polinização.

2.6.1 Inflorescências e flores

A macadâmia é uma frutífera que apresenta flores hermafroditas na mesma panícula, sendo muito atraentes para os insetos polinizadores, são produzidas em longas panículas, contendo de 75 a 100 flores ou mais, as quais podem fixar de 01 até 10 frutos (Bahia, 1991). Esta frutífera, normalmente apresenta o fenômeno da dicogamia protândrica, muito comum entre as espécies de proteáceas (Urata, 1954).

Dierberger & Marino Netto (1985) afirmaram que as flores desta frutífera, surgem em panículas pêndulas, contendo de 100 a 300 flores, agrupadas de 2 a 4 por axila e iniciam a antese da base para o ápice. A flor individual é sustentada por um pedúnculo curto e piloso com perianto formado apenas pelo cálice, o qual apresenta forma tubular com 14 mm de

comprimento. A coloração da flor é branca na espécie *M. integrifolia* e rósea na *M. tetraphylla*, possuindo quatro estames fixados às sépalas através de quatro filamentos. O pistilo termina em forma comprida, dobrada em ângulo obtuso; antes da antese ele desenvolve-se no interior da flor e ao tocar a parte superior do perianto que se encontra fechado, dobra-se na sua parte mediana até causar o rompimento do cálice, assim sendo, quando ocorre a antese já se encontra presente no estigma, uma quantidade apreciável de pólen, caracterizando, deste modo, a dicogamia protândrica, comum entre as espécies de proteáceas (Dierberger & Marino Netto, 1985). Este fato, indica a possibilidade da ocorrência da autofecundação, no entanto, a mesma não acontece devido a presença da auto-incompatibilidade em diversos graus, em muitas árvores dependendo da cultivar (Dierberger & Marino Netto, 1985 e Sacramento, 1996)

Vithanage & Ironside (1986) declarou que as flores de macadâmia são hermafroditas, porém, elas apresentam uma separação temporal de sexo, caracterizando, assim, dicogamia protândrica, mecanismo este que exige destas plantas a presença de um agente polinizador biótico externo para realizar a transferência de pólen.

As flores tanto na espécie *M. integrifolia* quanto em *M. tetraphylla*, são dispostas em longas panículas pêndulas, sendo estas de cor creme na primeira espécie e rósea na segunda (Sedgley et al., 1985). O pistilo tem um ovário com dois óvulos e um pistilo relativamente longo, com cerca de 10 mm de comprimento, com uma pequena área de células da papila do estigma na sua extremidade (Sedgley, 1983 e Urata, 1954)

Free (1993) declarou que as flores de macadâmia apresentam protandria e estão dispostas em panículas pêndulos, axilar ou terminal, com 5 a 15 cm de comprimento, dependendo da espécie considerada. Cada panícula contém de 100 a 500 flores tubulares, apresentando coloração branco-marfim em *M. integrifolia* e rósea em *M. tetraphylla*.

Sedgley et al. (1990) reportaram que as flores de macadâmia são dispostas em longas inflorescências, as quais contém muitas flores e muitas pesquisas têm mostrado que esta frutífera apresenta um parcial mecanismo de auto-incompatibilidade (Sedgley et al., 1985 e Urata, 1954).

As flores de macadâmia são dispostas em panículas longas e pêndulas, com 10 a 20 cm de comprimento, surgindo das axilas foliares e cada panícula contém de 100 a 300 flores brancas na espécie *M. integrifolia* (Heard, 1993, 1994). As flores são perfeitas e medem cerca de 12 mm de comprimento; apresentam estigma muito pequeno, pólen pegajoso e a polinização anemófila não é eficiente para transportar o pólen (Urata, 1954) sendo a polinização entomófila requerida para um bom rendimento dos pomares (Shiguera et al., 1970)

Trueman & Turnbull (1994) declararam que a macadâmia apresenta flores distribuídas em cachos pendentes, com 100 a 300 flores por cacho. Eles também observaram que o tubo do perianto é rompido pelo alongamento estilar em uma sutura, localizada entre dois dos seus quatro lobos.

2.6.2 Época de florescimento, frutificação e características dos frutos

A época de florescimento em macadâmia é variável de região para região, de modo análogo a outras nozes. Esta planta tem suas características alteradas, conforme as condições do local onde é cultivada (Dierberger & Marino Netto, 1985), assim como, seu rendimento e qualidade dos frutos (Ito & Hamilton, 1990 e Stephenson & Gallagher, 1990).

Simão (1971) declarou que o florescimento da macadâmia ocorre no princípio da primavera e a maturação dos frutos no outono; cada panícula apresenta um grande número de flores, em torno de 100 a 300, no entanto, a fixação final de frutos é relativamente pequena, cerca de 20 frutos. A

frutificação é variável também em relação a espécie cultivada, a *M. integrifolia*, que apresenta melhor adaptação às regiões de temperaturas mais elevadas, pode frutificar duas vezes por ano, já a espécie *M. tetraphilla* frutifica apenas uma vez por ano (Dierberger & Marino Netto, 1985).

As árvores de pé franco de *M. tetraphilla* entram em produção a partir de três para quatro anos de idade, enquanto a espécie *M. integrifolia* a frutificação é mais tardia, ocorrendo entre quatro a sete anos de idade. Por outro lado, a produção é antecipada para ambas as espécies quando o pomar é formado por plantas propagadas vegetativamente, podendo as mesmas florescerem entre dois a quatro anos após a enxertia, porém a produção total só é alcançada entre 12 a 15 anos (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Na Austrália, o amadurecimento dos frutos da espécie *M. integrifolia* ocorre na sua maioria de março a julho e de modo análogo como ocorre no Brasil. Não obstante, no Havaí a produção concentra-se de julho a novembro e na Califórnia, de novembro a março (Dierberger & Marino Netto, 1985).

Vithanage & Ironside (1986) declararam que no hemisfério Sul as macadâmias florescem durante a primavera (agosto-novembro) e a maturação dos frutos no outono (maio-julho).

A macadâmia é uma frutífera que apresenta uma floração profusa, ocorrendo maior número de panículas na parte mais externa da copa (Heard, 1994). Ela apresenta uma florada principal no início da primavera, podendo haver outra no outono nas condições do estado da Bahia, ou mesmo florações esparsas durante o ano (Bahia, 1991).

O tempo previsto entre o florescimento e a queda dos frutos, ou seja, a maturação é de seis a sete meses, devendo os mesmos serem colhidos após a queda normal para evitar o apodrecimento ou ataque de animais (Bahia, 1991 e Simão, 1971).

Heard & Exley (1994) afirmaram que o florescimento da macadâmia em pomares localizados na parte oriental da Austrália pode ocorrer entre julho a outubro, causando um desvio ao padrão de visitas de *A. mellifera*, *Trigona* sp. e do coleóptero *Metriorrhynchus rhipidius* Macleay, os quais exibiram um padrão bimodal de visitas naquelas condições.

O fruto da macadâmia é um folículo, cuja formato é esférico e o diâmetro varia de 2,5 a 5,0 cm (Dierberger & Mariano Netto, 1985), sendo popularmente chamado de noz.

Segundo Sacramento et al. (1993) a noz macadâmia possui casca dura e um diâmetro de aproximadamente 2,5 cm e peso médio de 8 g.

A amêndoa contém 75 % de óleo de alta qualidade e 10 % de proteína, no entanto, apesar da grande riqueza em óleo, 70 % da produção se destina a utilização na forma crua, torrada, frita e salgada e o restante é utilizado em confeitaria.

Considerando-se a sua forma de utilização, e o seu alto preço no mercado internacional, as amêndoas desta noqueira são submetidas a rigorosa seleção nas indústrias processadoras, cujo preço, é pago em função da qualidade do fruto (Sacramento et al., 1993).

Conforme normas estabelecidas por empresas australianas e adotadas por algumas empresas brasileiras, são considerados variáveis de qualidade dos frutos, o teor de óleo, rendimento de amêndoa, maturidade, presença de fungos, decomposição, descoloração e ranço (Sacramento et al., 1993).

O teor de óleo e o rendimento de amêndoa, variam em função do cultivo (Stenphenson & Gallagher, 1987 e Sacramento et al., 1993) e o sistema de plantio (Ito & Hamilton, 1980).

2.6.3 Antese, deiscência da antera e receptividade do estigma

A antese ou abertura das flores, é um processo de grande importância do ponto de vista da polinização. Ao ter início tal evento floral, as plantas iniciam uma grande interação com seus agentes polinizadores bióticos, quando então, são beneficiadas pela recompensa da perpetuação das espécies. Por outro lado, os agentes polinizadores recebem como recompensa o néctar e/ou pólen, que para eles é uma fonte alimentar que depende das espécies presentes na área, das condições climáticas e do período de floração das mesmas, o que de certo modo, lhes garante a alimentação.

Em macadâmia, os botões florais são verdes e comumente tornam-se branco-creme de três para quatro dias antes da antese, embora em algumas variedades a parte externa permaneça sempre verde mesmo em antese. Cerca de seis a sete dias antes da antese, os estilos tornam-se alongados e curvos e finalmente três dias antes da abertura da flor, eles emergem de uma sutura axial entre duas sépalas (Urata, 1954). As anteras iniciam a descarga de pólen 1 a 2 dias antes da antese, de modo que, elas se abrem sobre a extremidade do estigma de uma para duas horas antes da antese, quando então as sépalas separam-se na extremidade do estigma expondo as anteras, assim sendo, após as sépalas estarem totalmente recurvadas, as anteras iniciam a separação do estilo, deixando assim uma massa de pólen sobre sua extremidade (Urata, 1954).

As flores de macadâmia de uma mesma panícula apresentam uma certa ordem no processo de antese. Elas iniciam este processo da base para o ápice, e a flor em antese já apresenta os grãos de pólen sobre o estilo, indicando desta maneira a autopolinização como regra geral (Simão, 1971),

no entanto, existe, em certas, variedades, o problema da auto-incompatibilidade (Ito & Hamilton, 1980 e Urata, 1954).

Urata (1954) observou duas distintas ordens de abertura das flores de macadâmia no Havaí. Na primeira as flores abrem durante um só dia, na segunda de quatro para cinco dias são necessários para abertura. Ele também afirmou que a antese das flores desta noqueira em condições do Estado do Havaí ocorre cerca de 7 para 8 h da manhã nos meses de verão, no entanto, uma parte abre mais tardiamente nos meses de primavera e inverno.

As anteras estão deiscentes entre 1 a 2 dias da pré-antese e os grãos de pólen já se encontram depositados na extremidade estilar, muito embora, sua germinação não tenha início até ocorrer a antese, sendo esta pobre até 2 dias pós-antese, atingindo uma máxima germinação e crescimento do tubo polínico após a antese (Sedgley et al., 1985). Estes autores, verificaram também que o pólen coletado de flores um dia antes da antese, estavam totalmente férteis e quando colocados em estigmas após três dias da ocorrência da antese, germinaram, indicando assim, que a falta de germinação no botão floral está relacionada com o estigma e não com a imaturidade do pólen. Carboidratos, lipídios, proteínas, fenólicos e a atividade da esterase, atingiram um máximo entre 1 a 2 dias após a antese das flores de macadâmia, denotando assim, que tais substâncias são importantes para a germinação do pólen e crescimento do tubo polínico (Sedgley et al., 1985).

As flores de macadâmia possuem um mecanismo especial de apresentação do pólen na extremidade estigmática, de onde eles são coletados pelas abelhas pairando no ar, sendo que, muitas flores abrem pela manhã quando muitos coletores estão ativos (Vithanage & Douglas, 1987).

Masís & Lezama (1991) declararam que em macadâmia o pólen é liberado no interior da flor 1 a 2 dias antes da antese, porém 1 a 2 h antes da abertura das flores as sépalas se retraem expondo as anteras na área

circunvizinha da extremidade estigmática, deste modo, ocorre a separação delas em cerca de 5 a 10 minutos mais tarde, então o estilo emerge livre e ereto, estendendo-se além das mesmas. Não obstante, sua receptividade, ocorre após a antese. Estes mesmos autores conjecturaram a possibilidade dos insetos polinizadores coletarem o pólen antes da receptividade do estigma, polinizando em seguida outras flores com material colhido previamente.

Nas condições da Austrália, a disponibilidade do pólen para os insetos visitantes ocorre durante o período da manhã e declina durante o restante do dia (Vithanage & Douglas, 1987). Isto indica que a antese é mais intensa nas primeiras horas do dia e se reduz ao entardecer. Por outro lado, Vitanage & Ironside(1986), encontram nas condições da Austrália dois picos de atividades dos insetos, o primeiro entre 10:00h e 11:00 h e segundo entre 13:00h e 14:00 h, e próximo ao meio-dia, a atividade destes artrópodes foi reduzida.

Heard (1993) em estudos realizados na região de origem da macadâmia, verificou que suas flores numa mesma panícula se abrem num período de 6 a 12 dias, sendo o pico de abertura de flores variável, podendo ocorrer cedo como 2 dias do florescimento e tardio como 6 dias após este. O autor também afirmou que a receptividade do estigma das flores não ocorre 1 a 2 dias após a antese. Este fato também foi observado por (Urata, 1954) nas condições do estado do Havaí, além disso, este autor verificou também que as flores de um mesma panícula abrem-se sincronicamente, enquanto aquelas em outros panículas, abrem-se gradativamente, sendo o pico de antese tanto antes como após o meio-dia, sendo mais intensa pela manhã.

Heard (1994) realizando estudos relacionados com o comportamento de *Apis* e *Trigona*, em diversas localidades da Austrália, observou que a proporção de ambas as espécies coletando pólen nas flores durante o período diurno, decresceu até as 15:00h, quando então ocorreu

uma ascendência. Isto está relacionado com a antese, durante a qual o pólen torna-se disponível, pois Heard (1993) encontrou que o pico da antese ocorre aproximadamente às 15:00 h nas condições da Austrália.

2.7 Importância da polinização biológica para a noqueira-macadâmia.

A reprodução sexual e o desenvolvimento da semente nas Angiospermas depende da polinização, isto é, da transferência dos grãos de pólen da antera de uma flor para o estigma e uma outra flor na mesma planta, ou em plantas diferentes, porém pertencente a mesma espécie. O grão de pólen ao alcançar o estigma da flor da mesma planta ou de planta diferente, porém da mesma espécie, germina e o tubo polínico descendo através do estilo, ocasiona a fecundação, processo este que se realiza quando ocorre a união do núcleo masculino do tubo polínico com a oosfera, no interior do saco embrionário (Westwood, 1982).

A transferência do pólen pode ocorrer da antera de uma flor para o estigma de uma outra flor da mesma espécie, porém localizada em plantas diferentes, isto caracteriza a polinização cruzada, caso esta transferência ocorra entre flores da mesma planta, denomina-se autopolinização.

A polinização cruzada oferece mais vantagens para as plantas superiores, proporcionando novas combinações genéticas, favorecendo a formação de frutos e sementes de qualidade superior.

Para algumas espécies, os sinais de uma polinização adequada podem ser evidenciados, através da formação de frutos simétricos, completamente desenvolvidos e com peso satisfatório (Nogueira, 1984), assim como, o incremento da produtividade e melhoria da qualidade, proporcionando colheitas uniformes (Root, 1985).

Os agentes polinizadores como o vento, a água, os pássaros, os morcegos, o homem e os insetos, são considerados eficientes para a maioria

das plantas. As abelhas, as vespas silvestres e ocasionalmente outros insetos ajudam a polinização em pomares de frutíferas (Westwood,1982).

Crane (1983) declarou que nos trópicos as plantas são polinizadas por pássaros, mas principalmente, por insetos, sendo as abelhas os mais eficientes polinizadores. Elas reúnem aproximadamente 20.000 espécies distribuídas por quase todas as partes do mundo onde ocorrem Angiospermas e das 225.000 espécies de Angiospermas existentes, dois terços dependem dos insetos para polinização (Fonseca et al.,1993).

Nas regiões áridas e semi-áridas, imediatamente fora das zonas tropicais, existe a maior variedade de abelhas do mundo, todavia, a variedade de visitantes de flores e polinizadores é mais rica de espécies nas regiões tropicais do que nas regiões temperadas. Nas regiões tropicais as visitas às flores são bem uniformemente distribuídas entre os principais grupos de animais, sendo morcegos, pássaros, mariposas, borboletas, moscas e abelhas todos importantes, e freqüentemente, sendo apenas um o agente polinizante (Jazen,1980). Por outro lado, muitas plantas além de produzirem flores coloridas, perfumadas e néctar concentrado, são capazes de apresentar certas modificações na coloração, formato, disposição de pêlos, imitando deste modo, o corpo de insetos, com a finalidade de causar maior atração aos seus agentes polinizadores (Couto,1994)

As abelhas são importantes no processo de polinização pelo grande número de viagens realizadas por colmeia/ ano, o que chega em torno de 4 milhões e em cada viagem uma média de 100 flores são visitadas (Free,1970).

O número de polinizadores pode ser aumentado, tornando o local mais adequado para a nidificação ou introduzindo-se polinizadores na época das floradas (Kors,1994).

A introdução de agentes polinizadores na época do florescimento das frutíferas, aumenta o rendimento e melhora a qualidade dos frutos (Vithanage & Iroside,1986), no entanto, Westwood (1982) declarou que

várias técnicas de manejo devem ser consideradas, tais como: período de florescimento do cultivar polinizado, o qual deverá ocorrer antes do cultivar principal, o polinizador deverá ser intercalado na mesma fileira do cultivar principal, a deiscência da antera do polinizador deverá ocorrer primeiro em relação o cultivar principal, as colmeias devem ser distribuídas ao acaso na área do pomar e protegidas do vento e expostas ao sol, e a destruição das plantas daninhas deve ocorrer quando estas apresentarem 20 % de antese.

As frutíferas estão entre as culturas beneficiadas pela polinização dos insetos, aparecendo com frequência nas listas de plantas apícolas beneficiadas para a produção econômica de frutos e sementes. Campo-Dall'Orto et al. (1991) declarou que a utilização de cultivares polinizadores de macadâmia, com sincronia de floração com o material básico cultivado, proporciona melhor fixação e desenvolvimento de frutos. Não obstante, para aumentar a eficiência da polinização estes autores, aconselham a introdução de agentes polinizadores nos pomares, através da instalação de colmeias na área de plantio. Tanto as frutíferas de clima tropical, quanto aquelas de clima subtropical, constam nas listas de plantas apícolas entomófilas, sendo os insetos os agentes polinizadores frequentemente mais adequado para o transporte de pólen nestas plantas. Dentre as frutíferas consideradas beneficiadas pela polinização dos insetos, a macadâmia apresenta todas as características de uma planta dependente destes artrópodes para sua produção econômica satisfatória (Free, 1993; Heard, 1993, 1994; Shiguera et al., 1970; Urata, 1954 e Vithanage & Ironside, 1986) no entanto, existem cultivares que são menos dependentes.

Em macadâmia, tanto as abelhas silvestres do gênero *Trigona*, quanto as melíferas pertencentes ao gênero *Apis*, são citadas como os melhores polinizadores desta noqueira, de acordo com (Heard & Exley, 1994; Masís & Lezana, 1991 e Urata, 1954), respectivamente, no Havaí, Austrália e Costa Rica.

2.7.1 Polinização biológica da macadâmia

Nas plantas superiores a polinização cruzada é importante por proporcionar novas combinações genéticas, além de favorecer a formação de frutos e sementes de qualidade superior.

Na fruticultura, o efeito de uma polinização adequada é observado através da formação de frutos simétricos, com bom desenvolvimento, peso satisfatório e período de maturação uniforme.

A macadâmia é uma frutífera que apresenta flores atrativas para seus polinizadores, através da exibição dos seus recursos florais, representados pelo néctar e o pólen. Ela apresenta o fenômeno da dicogamia protândrica, pólen pegajoso, e muitas cultivares apresentam auto-incompatibilidade em diferentes níveis, sendo a polinização cruzada necessária para um bom rendimento dos pomares

A fixação inicial de frutos de muitos cultivares comerciais é reduzida quando a autopolinização é comparada com a polinização cruzada (Ito & Hamilton, 1980; Sedgley et al., 1990 e Urata, 1954).

Na Austrália, os melhores polinizadores em plantações comerciais de macadâmia são dois gêneros de abelhas sociais: a abelha exótica *A. mellifera* e a nativa do gênero *Trigona*.

Shiguera et al. (1970) estudaram o desempenho de abelhas melíferas na produção de frutos de macadâmia (*M. integrifolia*) nas condições do estado do Havaí, em três diferentes cultivares, verificaram que o rendimento de frutos aumentou significativamente nos anos de 1967 e 1968, quando colmeias de abelhas *Apis* foram introduzidas no pomar. Os autores comparam a ação polinizadora destas abelhas, com o ano de 1966 quando apenas abelhas silvestres realizavam os serviços de polinização naquela área. Eles verificaram ainda diferenças significativas entre os cultivares,

evidenciando a ocorrência de uma auto-compatibilidade no cultivar 508 e nos cultivares 246 e 333 uma auto-incompatibilidade, denotando deste modo, uma dependência de polinização cruzadas para eles.

McGregor (1976) declarou que para uma maior produção da macadâmia deveria ser incentivado o uso de abelhas melíferas como agentes polinizadores, a fim de melhorar a visitação entre árvores durante o período de florescimento, recomendando para tanto, de 5 a 8 colmeias/ha.

Alguns cultivares de macadâmia apresentam relativamente alto grau de auto-incompatibilidade e devida a este fato, necessitam a polinização cruzada para o ótimo rendimento de frutos de boa qualidade, fato este evidenciado no cultivar havaiano Keauhou (Ito & Hamilton, 1980).

O rendimento e a qualidade dos frutos de macadâmia do cultivar havaiano Keauhou foram estudados durante 13 anos nas condições daquele Estado, quando então (Ito & Hamilton, 1980) verificaram uma diferença anual no rendimento de frutos sem casca por árvores. Em plantações em clone puros estes autores obtiveram 4,2 kg/árvore, no entanto, em clones misturados obtiveram 31,5 kg. Assim sendo, nas plantações de clones misturados, a percentagem de aumento no rendimento variou de 31 a 190% a mais em relação as plantações em clones puros. Eles também verificaram que as plantas em mistura de clone apresentaram maiores rendimentos de amêndoas e óleo, sendo de 38% para clones misturados e de 35,1 para clones puros. Por outro lado, o rendimento de óleo foi de 70 e 80%, respectivamente, para clones puros e misturados.

Crane & Walker (1984) declararam que a polinização anemófila pode ser pouco importante para a macadâmia devido o estigma receber 10-12 grãos de pólen. Eles afirmaram também que o néctar parece não ser muito atrativo para as abelhas, sendo necessária uma grande população destes insetos nos pomares para realizar a polinização. No Havaí, estas abelhas são consideradas como os melhores polinizadores da macadâmia.

Em macadâmia o tempo de apresentação e a maneira pela qual o pólen é apresentado nas flores são aspectos notáveis durante o processo de polinização. O pólen é exibido na área da extremidade estilar, de modo que, as abelhas podem removê-lo facilmente. Isto permite que elas entrem em contato com a área receptiva do estigma durante a coleta, maximizando, deste modo, a probabilidade de ocorrer a polinização cruzada (Vithanage & Douglas, 1987).

As abelhas são atraídas pelas flores de macadâmia tanto por pólen quanto por néctar, no entanto, a secreção nectarífera nesta planta é extremamente pequena, sendo a quantidade secretada por flor de menos de 2µl, de modo que, uma abelha campeira visita três ou mais flores antes de deixar uma panícula (Vithanage & Douglas, 1987).

Toit (1990) declarou que as abelhas melíferas são reconhecidas como importantes agentes polinizadores de culturas subtropicais. Em observações realizadas na África do Sul por este autor, sobre polinização de frutíferas subtropicais, ele verificou que uma colmeia de abelhas *A. mellifera* por 100 árvores de macadâmia ocasionaria um excesso de abelhas. O mesmo autor declarou ainda que, conhecimentos são necessários sobre o comportamento destas abelhas, assim como, no manejo de unidades polinizadoras, especialmente em pomares de frutíferas.

Free (1993) afirmou que é extremamente pequena a quantidade de néctar secretado em cada flor de macadâmia (menos de 2µl), a maioria das vezes durante à noite, e o pico do conteúdo de glicose e frutose do néctar ocorre entre 11:00h e 13:00 h diariamente, porém, o conteúdo de sucrose mostrou um padrão inverso.

Diversas pesquisas foram conduzidas na Austrália objetivando mostrar a importância dos insetos polinizadores da noqueira-macadâmia. Entre estes trabalhos, Vithanage & Ironside (1986) encontraram que *A. mellifera* e *M. rhipidus* e *Trigona sp.* foram as espécies mais abundantes em

pomares australianos, onde os estudos foram conduzidos. Estes autores também declararam que a maioria das espécies de insetos identificadas estavam se alimentando de néctar, e que os dois principais picos de atividade destas espécies ocorreram entre 10:00h e 11:00h e entre 13:00h e 14:00h, no entanto, próximo ao meio-dia foi observada uma baixa atividade destes artrópodes. Os autores também observaram que, quando *Trigona* apresentava atividade mais intensa, *A. mellifera* apresentava uma redução no seu tempo de visitas. Eles enfatizaram também que nas condições em que o trabalho foi conduzido, a espécie *A. mellifera* desempenhou um notável papel na polinização desta frutífera, ampliando, deste modo, o potencial de vantagens da introdução de colmeias nos pomares de macadâmia, como prática de manejo.

Muitas abelhas coletam somente néctar e contatam os estigmas das flores de macadâmia ocasionalmente e rápido, assim sendo, apenas 24% das abelhas que visitam as flores, retornam para suas colmeias localizadas nos pomares, conduzindo pólen em seus corpos. Durante o processo de visita das flores de macadâmia, *Trigona sp.* e *A. mellifera* permanecem em média 44 e 36 segundos, respectivamente, por panícula, e visitam em cada um destes tempos de permanência 3,5 e 8 flores, respectivamente, (Free,1993).

As flores de macadâmia ocorrem em panículas pêndulas em número de 100 a 300 em cada panícula (Urata,1954) e estão presentes tanto na parte externa bem iluminada da copa da planta, como na parte profunda desta, ligeiramente escondidas sob a densa folhagem (Heard & Exley,1994). Estas flores apresentam para seus visitantes duas grandes recompensas, que normalmente as plantas melíferas apresentam como um mecanismo de atração aos seus polinizadores, visando assim, assegurar a perpetuação das espécies. No entanto, em macadâmia é pequena a quantidade de néctar oferecida aos polinizadores como recompensa pelo trabalho de polinização, sendo o pólen uma outra maneira de recompensar estes visitantes, o qual,

apresenta características inerentes para ser transportado pelos insetos (Heard,1993), deste modo, esta proteácea é uma espécie dependente da polinização biológica.

Heard & Exley (1994) estudaram a abundância, diversidade e distribuição dos insetos visitantes das flores de macadâmia e verificaram que 55 espécies de cinco diferentes ordens foram observadas realizando visitas às flores desta frutífera, sendo as espécies *A. mellifera* e *Trigona carbonaria* Smith as mais comuns entre as demais. Os autores também declaram que as referidas espécies estiveram presentes nas panículas durante o maior período de florescimento e que o período de forrageamento para *A. mellifera* e *T. carbonaria* foi respectivamente, de 7 e 10 horas, sendo estas espécies responsáveis por mais de 96% das visitas às flores. Além dos insetos, estes autores registraram a presença de cinco espécies de beija-flores alimentando-se ativamente do néctar das flores.

Heard (1994) declararam que as abelhas sem ferrão e *A. mellifera* são eficientes polinizadores de flores de macadâmia, fazendo com que esta cultura alcance um bom nível de rendimento. Este autor também observou interações antagônicas entre estas espécies, mesmo assim, ele recomendou a preservação natural dos ninhos de abelhas *Trigona*, mesmo que estas reações venham a ocorrer entre esta espécie e a *A. mellifera*.

Wallace et al. (1996) demonstraram que a fixação final de frutos dos cultivares de macadâmia 246 e Hidden Vallley A4 em panículas ensacadas para excluir os insetos visitantes foi mais baixo durante três anos de estudos. A polinização cruzada suplementar do cultivar 246, aumentou a fixação final de frutos em 57 e 97% em 1989; bem como o peso de frutos e sementes em 15 e 20 %, respectivamente, no ano de 1991. Para o cultivar A4, o aumento no peso dos frutos e sementes foi respectivamente de 11,6 e 18,4 %. Estes autores concluíram que o rendimento e qualidade dos frutos destes

cultivares podem ser beneficiados com o aumento da transferência de pólen no pomar.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido em um pomar de macadâmia, pertencente a Seção de Fruticultura de Clima Subtropical do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), localizado na Estação Experimental de Tietê.

3.1 Localização da área experimental

A Estação Experimental de Tietê, está localizada no município homônimo, ocupando uma área de 253,8 ha, e dista aproximadamente 8 Km do centro da cidade, localizada entre as coordenadas geográficas 47° 44'WG-47° 42'WG e 22° 59'-01'S (Oliveira et al., 1989).

3.2.Caracterização da área experimental.

3.2.1 Clima

Tipo climático segundo o sistema de Köpper é do tipo Cwa/Cfa (transição) clima tropical de altitude, com verão úmido e quente e inverno seco e frio. Temperatura no dia mais quente maior do que 22° C e no dia mais frio menor do que 18° , conforme dados fornecidos pelos arquivos da

Seção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo.

A distribuição das chuvas ao longo do ano, segue o regime típico das zonas tropicais de baixa altitude, ou seja, verão chuvoso e inverno seco e apresenta uma precipitação média anual de 1176mm (Oliveira et al., 1989).

3.2.2 Solo e Relevô

Considerando-se a região onde se encontra localizada a Estação Experimental de Tietê, o relevo apresenta-se ondulado, entre colinas de topo aplainados e vertentes retilíneas, seccionadas por uma drenagem de alta intensidade. Os declives raramente ultrapassam de 2-3 % no topo das colinas e elevam-se a mais de 20 % nas vertentes mais declivosas (Oliveira et al., 1989). Esta área encontra-se localizada entre as cotas de 470 e 530 m, superando praticamente toda diferença altimétrica encontrada regionalmente e permitindo, em consequência, a ocorrência de várias litologias e solos bem diferenciados, onde foram identificadas nove classes de solos e sete unidades de mapeamento.

A pesquisa foi conduzida na unidade de mapeamento (PV1) que corresponde ao complexo de Podizólicos Vermelho-Amarelos distróficos e eutróficos, argila de atividade média e alta, a moderada, textura média/argilosa, pouco profundos (Oliveira et al., 1989)

3.2.3 Vegetação primitiva e atual

A cobertura vegetal da Estação Experimental era composta de mata tropical subcaducifolia, restando apenas duas áreas preservadas, estando o restante das terras cobertas com frutíferas diversas (Oliveira et al.,1989).

3.3. Teste de polinização em cultura de macadâmia.

3.3.1. Frutos fixados

As observações foram conduzidas em um pomar de macadâmia com cerca de 0,7 ha, contendo catorze diferentes cultivares, com 15 anos de idade, plantadas no espaçamento de 5 x 8 m , totalizando 168 plantas propagadas por enxertia e distribuídas em blocos inteiramente casualizado.

No início do florescimento, em agosto de 1996, foram selecionadas, ao acaso, dez plantas de cada um dos cultivares IAC 2-23 (Keaudo), IAC 4-12B e IAC 4-20 (Keaumi), todos provenientes da variedade havaiana Keauhou selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Regitano & Ojima, 1970 e Viega et al. ,1981)

Dez panículas de cada planta, com aproximadamente o mesmo comprimento, mesma localização (acima do terço médio das plantas), na parte externa e interna da copa e em estágio de pré-antese (botões florais com coloração creme), foram selecionadas ao acaso e ensacadas em gaiolas cobertas com sacos de filó medindo 7 x 25 cm (155 cm²), como mostra a Figura 01.

Figura 1 Gaiola para ensacar panículas.

As gaiolas foram confeccionadas com palitos usados para fazer pipas e arame galvanizados nº 26.

As gaiolas contendo as panículas foram afixadas aos ramos das árvores com auxílio de um fio plástico e mantidas em seus devidos lugares durante o período de florescimento das plantas, de modo que, o acesso de insetos polinizadores ao seu interior não fosse permitido.

Outras dez panículas em condições similares às anteriores, de cada uma das 10 árvores de cada cultivar foram marcadas com a utilização de pedaços de fita plástica e mantidas a livre visitaço dos agentes polinizadores durante o período de florescimento das plantas , servindo como controle.

Durante o período de florescimento das árvores foram feitas avaliações aos 30 e 60 dias após a antese, para determinar o número de frutos , para tanto, contaram-se os frutos fixados, respectivamente, nas panículas ensacadas e não ensacadas.

3.3.2 Insetos visitantes

A determinação dos insetos visitantes de panículas, foi conduzida através de oito coletas. Os insetos foram coletados com rede entomológica das 9:00h às 15:00h, e em seguida foram anestesiados e separados em nível de família, montados e etiquetados de acordo com o taxon a que pertenciam. Posteriormente, exemplares de cada taxon foram enviados a especialistas para a identificação em nível de espécie.

3.3.3 Número, horário e duração de visitas

Para a determinar o número, horário e duração de visitas dos insetos, às panículas, observações foram conduzidas durante oito dias, em árvores selecionadas ao acaso, do início ao final do período de florescimento, das 7:40h às 16:40h, de hora em hora, durante 15 minutos. Para tanto, foi delimitada uma área de 1m² no terço médio da copa das árvores, a qual foi marcada com um quadro confeccionado em madeira, medindo 1m x 1m (1m²). Em seguida no mínimo de cinco panículas foram marcadas com fitas para a realização da contagem do número e duração das visitas dos insetos polinizadores e/ou visitantes das panículas.

3.3.4 Coleta de néctar e pólen por *A. mellifera* L. 1758

A coleta de néctar e pólen foi conduzida de 8:00h às 17:00h, durante sete dias, observou-se por cinco minutos em cada hora, o número de abelhas que estavam coletando néctar ou pólen. As observações para ambos os recursos florais, basearam-se no comportamento de coleta das abelhas sobre as panículas.

3.3.5 Número de visitas na parte externa e interna da copa

Observações dos insetos visitando as flores de macadâmia em posições externas e internas da copa foram feitas em árvores do cultivar IAC 4-12B, com oito anos de idade e propagadas através de enxertia. Cinco árvores foram selecionadas ao acaso e em cada uma delas selecionaram-se cinco panículas. No período de 8:00h às 16:00h, durante 15 minutos por hora determinou-se o número de visitas de *A. mellifera* em panículas localizadas em ambas as posições. As observações foram conduzidas no período de 23 a 28 de agosto de 1997, durante seis dias. Como posição externa consideraram-se panículas localizadas a 20 cm da parte externa da copa e claramente visível; posições internas foram definidas como sendo panículas localizadas a mais de 1,5m da parte externa e completamente invisível, conforme metodologia usada por (Heard & Exley, 1994).

3.3.6 Quantidade de pólen transportado por *A. mellifera* e fidelidade de visitas

A quantidade de pólen transportado por *A. mellifera* foi determinada utilizando-se 10 insetos, coletados entre 9:30h e 11:00h nos dias 24/08; 25/08 e 26/08 de 1997. Estes exemplares foram agitados por dois segundos em tubos de vidro de 5 ml, contendo 5 ml de água destilada. Em seguida, os insetos foram retirados e os grãos de pólen remanescente na água de lavagem foram contados em um hemocitômetro, conforme metodologia de Heard & Exley (1994). Como esta espécie possui corbículas, a carga de pólen presente nestas foram removida antes da lavagem destes artrópodes.

3.3.7 Análise centesimal dos frutos

Frutos fixados em panículas ensacadas e não ensacadas, das cultivares IAC 2-23 e IAC 4-12B, foram submetidos à análise centesimal no Laboratório de Tecnologia Industrial da ESALQ/USP, do Departamento de Ciências e Tecnologia Industrial pela Dr.^a Marisa A. d'Arce, de acordo com as metodologias da (Association of official Analytical Chemists, 1990 ; American Oil Chemists Society e Pregnotatto & Pascuet, 1985) para a determinação de proteínas, extrato etéreo e cinzas. Para tanto, os frutos foram descarpelados e as nozes quebrados manualmente com o auxílio de um martelo, sendo suas amêndoas trituradas, e amostras de 2g foram pesadas para a realização das análises químicas, utilizando para cada análise duas amostras.

3.3.8 Determinação do peso e diâmetro dos frutos

Para determinar o diâmetro dos frutos, mediu-se com o auxílio de um paquímetro, o diâmetro transversal a divisória natural das nozes de seis frutos, de panículas ensacadas e não ensacadas do cultivar IAC 2-23 e 14 e de 19 frutos do cultivar IAC 4-12B, oriundos respectivamente, de panículas ensacadas e não ensacadas.

Para determinar o peso das nozes de ambas os cultivares, de panículas ensacadas e não ensacadas, utilizou-se uma balança eletrônica digital, marca ACATEC BEC 1000, com precisão 0,01g.

3.3.9 Análise química de mel de flores de macadâmia, produzido por *A. mellifera* L. 1758

Duas amostras de mel obtidas de favos colhidos em colméias colocadas no interior do pomar de macadâmia, na área experimental, foram submetidas à análise, para a determinação de cada um dos seguintes variáveis: umidade proteína, PH, Acidez, índice de formol, índice de diastase e hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores(AR) e sacarose, seguindo a mesma metodologia usada por Komatsu (1996). Os resultados obtidos para todas variáveis estudadas, conforme o respectivo método, foram comparados com as especificações técnicas estabelecidas pela legislação brasileira, conforme publicação no diário oficial, de setembro de 1997 (Brasil,1997), que trata das normas higiênica-sanitárias e tecnológicas para mel, cera de abelhas e derivados.

As análises das amostras foram realizadas no Laboratório de Apicultura do Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, Campus de Piracicaba.

Os dados experimentais foram tabulados e submetidos à análise estatística no Centro de Processamento de Dados do Departamento de Entomologia (CPD) da ESALQ/USP, através do programa SANEST, e as médias comparadas pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Os dados de horário, número e duração de visitas, coleta de néctar e pólen e número de frutos fixados, foram transformados em $\sqrt{x + 0,3}$

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Insetos visitantes

A Tabela 1 apresenta os dados dos insetos capturados nas panículas de macadâmia. Insetos pertencentes a seis ordens, doze famílias e vinte espécies foram capturados. A ordem Hymenoptera apresentou maior número de espécies capturadas, com um total de nove. A espécie *A. mellifera* L. se fez presente em maior número e com maior frequência em relação a todas as outras observadas no pomar, durante o período de florescimento das plantas, sendo responsável por 96 % das visitas, sendo o restante distribuído entre as demais espécies. Estes insetos foram observados forrageando nas panículas de macadâmia a partir de 7:30h até o anoitecer, quando um pequeno número de operárias foi observado. Grande número de abelhas campeiras foi observado visitando as panículas coletando pólen e principalmente néctar.

Tabela 1. Insetos capturados nas inflorescências de macadâmia no período de agosto à setembro de 1996, em Tietê (SP).

Ordem	Família	Espécie
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes lanio lanio</i> (Fabricius, 1775)
		<i>Polistes versicolor</i> (Olivier, 1791)
		<i>Polybia sericea</i> (Olivier, 1791)
		<i>Polybia ignobilis</i> (Haliday, 1836)
		<i>Protonectarina sylverae</i> (de Saussure, 1854)
	Apidae	<i>Apis mellifera</i> (Linnaeus, 1758) Africanizada
		<i>Trigona spinipes</i> (Fabricius, 1775)
		<i>T. hyalinata hyalinata</i> (Lepeletier, 1836)
		<i>Frieseomelitta freiremaiai</i> (Moure, 1963)
	Sphecidae	não identificada
Coleoptera	Coccinelidae	<i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus, 1763)
	Scarabaeidae	<i>Euphoria lurida</i> (Fabricius, 1775)
Lepidoptera	Hesperiidae	<i>Astrartes anaphus</i> (Cr., 1777)
		<i>Mecanitis polymnia casabranca</i> (Haensch, 1905)
		<i>Urbanus virteboa alva</i> (Evans, 1952)
		<i>Phocides polybius phanias</i> (Burm., 1879)
		<i>Urbanus proteus</i> (Linnaeus, 1758)
Hem. Heteroptera	Coreidae	<i>Sphictyrtus chryseis</i> (Lichtenstein, 1797)
	Alidydae	<i>Leptocoryza tipuloides</i> (De Gerr)
Diptera	Shyrphidae	<i>Ornidia obesa</i> (Fabricius, 1775)
	Calliphoridae	não identificada
	Tachinidae	não identificada
Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysopa</i>

As abelhas do gênero *Trigona*, foram observadas visitando as panículas nas horas mais quente do dia e em número inferior aquele observado para as

abelhas melíferas. Este fato está relacionado com o desmatamento nas áreas circunvizinhas do pomar experimental, reduzindo, deste modo, a população destes apídeos. As demais espécies de insetos observadas nas panículas, não apresentaram importância do ponto de vista da polinização, em virtude da inconstância e do reduzido número de indivíduos observados realizando visitas nos períodos de observação. Fato este, que nos impossibilitou de incluí-las na análise estatística proposta para a presente pesquisa. Estas espécies são apenas visitantes ocasionais que na maioria das vezes, visitam as panículas com o intuito de predação de outras espécies. Estes insetos, não apresentaram número, frequência de visitas e comportamento de coleta condizente com polinização eficiente desta frutífera, no entanto, ela poderá ter ocorrido em escala bem menor, quando comparada com aquela realizada pelas espécies eussociais.

Na Austrália concentra-se o maior número de publicações relacionadas com a polinização da espécie *M. integrifolia*, sendo que no Havaí este número é menor, e na Costa Rica, as publicações são ainda mais escassas.

Masis & Lezama (1991) verificaram que na Costa Rica 91,37 % das visitas às panículas de macadâmia foram realizadas por *A. mellifera* L. e *T. carbonaria*. Vithanage & Ironside (1986) verificaram que além destas duas espécies, o coleóptero *M. rhipidius*, a vespa *C. tasmaniensis* (Sassure) e a abelha *Homalictus* sp., exerceram a principal taxa de polinização nesta frutífera no oeste de Nova Gales, na Austrália.

Heard (1993) observou que o número de visitas realizadas por *A. mellifera* L. e *T. carbonaria* Smidth. foi semelhante em pomares localizados no Sul de Queensland nas condições da Austrália.

Heard & Exley (1994) observaram 55 espécies de insetos pertencentes a cinco diferentes ordens visitando as panículas de macadâmia, sendo *A. mellifera* e *T. carbonaria* responsáveis por mais de 96% das visitas às flores desta frutífera, enquanto que as demais espécies contribuíram apenas com menos de 1% das visitas.

As espécies *A. mellifera* L., *O. obesa*, *C. sanguinea*, abelhas do gênero *Trigona* e um crisopídeo do gênero *Crhysopa*, assim como, os dípteros das famílias Calliphoridae e Tachinidae, capturadas no pomar experimental, foram também encontrados no Havaí, Costa Rica e Austrália (Heard & Exley, 1994); Masís & Lezama (1991) e Vithanage & Ironside, 1986).

Ordem Hymenoptera

Superfamília Vespoidea

Família Vespidae

Os vespídeos, são indivíduos que se caracterizam por apresentarem reentrâncias na margem interna dos olhos compostos. Formam uma sociedade, cuja castas, têm rainhas, machos e operárias, que são mais ou menos semelhantes. Muitas formas adultas alimentam-se de substâncias açucaradas e larvas de outros insetos, que são capturados e triturados pelos adultos (Gallo et al., 1988).

As vespas sociais constroem seus ninhos com materiais vegetais, os quais, são triturados e misturados com água e provavelmente secreções das glândulas mandibulares, resultando em um produto similar ao papel (Borror & DeLong, 1969 e Gallo et al., 1988). Estes ninhos variam consideravelmente em espessura, sendo grosseiro na maioria dos *Polybiini* e mais delicado em *Polistini* (Richards & Richards, 1951) e alguns *Polybia* usam barro em suas construções (Ihering, 1904).

Devido a grande diversidade de formatos dos ninhos destes insetos, uma classificação foi reestruturada por (Richards & Richards, 1951), onde os autores os classificam em ninhos fragmocitaros (Saussure), ninhos astelocitaros (Saussure) e ninhos stelocitaros com dois tipos básicos que podem ser distinguidos como gimnódomo e caliptódomo.

As vespas sociais são consideradas benéficas para o homem. Alguns de seus benefícios para espécie humana inclui a coleta de mel de alguns polibines que é usado comercialmente no México, assim como, o uso de larvas destes

vespídeos como alimento humano e também como isca para peixe, além do uso de espécies como agentes no controle biológico de culturas (Akre, 1982).

No controle biológico, várias espécies de vespas sociais são encontradas nas florestas temperadas, protegendo-as do ataque de desfoliadores como as espécies: *Vespula vulgaris*, *V. pensylvanica*, *V. acadica*, *Dolichovespula arenaria* e *V. maculata* no Noroeste do Oregon. Estas espécies foram consideradas durante três anos como predadoras dominantes, usando lagartas, vários percevejos, larvas de coleópteros, adultos de mariposas e outros insetos como presas (Roush & Akre, 1978).

Espécies coletadas

Polistes lanio lanio (Fabricius, 1775)

Polistes versicolor (Olivier, 1791)

Polybia sericea (Olivier, 1791)

Polybia ignobilis (Haliday, 1836)

Protonectarina sylverae (de Saussure, 1854)

Superfamília Apoidea

Família Apidae

Esta família apresenta quatro subfamílias; Apinae, Meliponinae, Bombinae e Euglossinae. Sua principal característica é a presença de corbículas na parte externa das tíbias posteriores, usadas para o transporte de pólen. Na subfamília Apinae, encontram-se as abelhas do gênero *Apis*, com várias subespécies: *A. mellifera mellifera* (L.) (européia), *A. mellifera linguistica* L. (italiana) e *A. mellifera* L. (Africanizada).

Estas abelhas, apresentam comportamento altamente social, formam uma sociedade onde existe somente uma rainha, vários zangões e as operárias. Nesta sociedade, a divisão de trabalhos é feita em função da idade das operárias. Estes indivíduos apresentam características biológicas que permitem serem manejados pelo homem, com a finalidade de produzir mel, pólen, própolis, cera,

veneno e realizarem polinização nas plantas superiores. Estas plantas, oferecem como recompensa o pólen e o néctar que são responsáveis pela sobrevivência destes indivíduos.

Durante as observações de campo, foi observado grande quantidade de abelhas *A. mellifera* L. realizando visitas às flores de macadâmia nos diferentes horários, durante o período de florescimento desta frutífera.

Espécie coletada

Apis mellifera L. (Africanizada)

Subfamília Meliponinae

Nesta subfamília encontram-se as abelhas indígenas sem ferrão representadas por dois gêneros principais: *Melipona* e *Trigona*. As colônias destes indivíduos diferem marcadamente das Apinae. Nelas vivem diversas rainhas ou abelhas mestres juntas, sendo que apenas umas delas é fecundada.

Nas espécies do gênero *Melipona*, as rainhas são determinadas pela genética e a alimentação. No entanto, no gênero *Trigona*, ocorre o mesmo que no gênero *Apis*, ou seja, as rainhas se originam pela diferenciação de alimentação.

A espécie *Trigona spinipes* (Fabr.), conhecida como abelha irapuá é praga de citros, destruindo as folhas das mudas e plantas novas e as flores das plantas adultas, durante o período de florescimento. No entanto, em macadâmia, foi observada a presença destas abelhas coletando principalmente pólen nas flores desta proteaceae.

Espécies coletadas

Trigona spinipes (Fabricius, 1775)

Trigona hyalinata (Lepeletier, 1836)

Frieseomelitta freiremaiai (Moure, 1963)

Subfamília Sphecoidea

Família Sphecidae

Estes himenópteros são facilmente reconhecidos devido a separação entre o protórax e a inserção das asas anteriores. São himenópteros solitários e predadores.

Espécie coletada

Não identificada

Ordem Coleoptera

Superfamília Cucujoidea

Família Coccinellidae

São besouros conhecidos por joaninhas. Apresentam em geral, o corpo arredondado com a cabeça escondida sob o protórax. Estes insetos vivem sobre as plantas, alimentando-se de pulgões e cochonilhas, no entanto, existem espécies fitófagos. *Rodolia cardinalis*, (Mulsant), *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Azya luteipes* Mulsant, são respectivamente, predadores de pulgões e coccideos, enquanto, *Epilachana cacica* (Guerin) é fitófaga.

Espécie coletada

Cycloneda sanguinea (Linnaeus, 1763)

Superfamília Scarabaeoidae

Família Scarabaeidae

Compreende os besouros que apresentam antenas do tipo lamelada, constituída por três lamelas móveis. As espécies mais importantes pertencentes a esta família são: *Euetheola humilis* Burn., *Stenocrates* sp e *Megasoma*, onde se encontram as maiores espécies de coleópteros, *Macroductilus suturales* Mann. e *M. pumilio* que atacam flores de diversas plantas.

Espécie coletada

Euphoria lurida (Fabricius, 1775)

Lepidoptera

Superfamília Hesperioidea

Família Hesperiiidae

São borboletas de tamanho médio, apresentando cores pouco vistosas. Cabeça tão larga quanto o corpo, olhos grandes, antenas geralmente fusiforme e afastadas na base. Estas borboletas, em geral, voam durante o dia e pousam com as asas anteriores elevadas como borboletas e as posteriores ficam abaixadas semelhante a mariposas.

Espécies coletadas

Astrartes anaphus (Cr., 1777)

Mecanitis polymnia casabranca (Haensch, 1905)

Phocides polybius phanias (Burm., 1879)

Urbanus proteus (Linnaeus, 1758)

Urbanus venterboana alva (Evans, 1952)

Ordem Diptera

Superfamília Syrphoidea

Família Syrphidae

Ocorrem em quase todos os lugares, com espécies de habitats diferentes. Os adultos são na maioria das vezes, encontrados em lugares onde existem flores e com frequência pairam no ar. Muitos apresentam cores vivas e assemelham-se a diversas abelhas, ocorrendo espécies bem similares à abelha melífera.

Durante nossas observações de campo, estes indivíduos foram vistos sobre as flores de macadâmia nos horários mais quente do dia.

Espécie coletada

Ornidia obesa (Fabricius, 1775)

Superfamília Muscoidae

Família Calliphoridae

São moscas que em geral apresentam coloração verde ou azulada, de brilho metálico. A espécie mais comum é *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) que causa míases nos animais.

Espécie coletada

Não identificada

Tachinidae

Estas moscas em geral se caracterizam por apresentarem o corpo recoberto por rígida pilosidade. São insetos considerados úteis pelo fato de serem inimigos naturais de muitas pragas importantes. Como principais espécies citam-se: *Metagonystilum minense* (Townsend), *Lixophaga diatraeae* (Townsend) e *Paratheresia claripalpis* (Wulp.), parasitas da broca da cana-de-açúcar.

Espécie coletada

Não identificada

Hemiptera Heteroptera

Superfamília Coreoidea

Família Coreidae

Estes insetos apresentam o rostro três vezes maior do que a cabeça, com quatro segmentos e pernas trímeras. As espécies *Diactor bilineatus* (Fabr.) *Leptoglossus gonagra* (Fabr.) *Crinocerus sanctus* (Fabr.), *Phthia picta* (Drury) e *Corecoris* spp. , atacam maracujá, citros e solanáceas.

Espécie coletada

Sphectyrtus chryseis (Lichtenstein, 1797)

Família Alydidae

São insetos que se caracterizam por apresentarem a cabeça maior e mais larga do que o protórax, corpo em geral alongado. As ninfas de várias espécies mimetizam formigas, enquanto que os adultos mimetizam vespas.

Espécie coletada

Leptocorysa tipuloides (De Gerr)

Ordem Neuroptera

Superfamília Hemeroboidea

Família Chrysopidae

São insetos de corpo delicado, em geral apresentam coloração verde. As asas são hialinas ou com manchas escuras. Estes insetos são encontrados nas faces inferiores das folhas no período diurno e à noite são vistos voando ou pousando próximo a focos luminosos.

Espécie coletada

Chrysopa sp.

4.1.1 Horário e número de visitas

As observações do número de visitas dos insetos às panículas de macadâmia foram realizadas entre os dias 23 de agosto e 7 de setembro de 1996, no período de 7:40h às 16:40h.

Vinte espécies de insetos pertencentes a doze famílias foram observadas realizando visitas às panículas desta noqueira. Entre as espécies observadas, *A. mellifera* e abelhas do gênero *Trigona* foram as espécies mais ativas no pomar e realizaram visitas às panículas com maior frequência e em maior número. No entanto, a espécie *A. mellifera* L. foi a mais importante, tanto em frequência, quanto em número de visitas. Estas abelhas começaram a visitar as flores antes das 7:40h e as do gênero *Trigona* após às 8:00h. A média geral das visitas de *A. mellifera* L. por panícula foi 13 e para *Trigona* foi igual a 0,26 visitas.

Durante o período de observação as abelhas *A. mellifera* L. estiveram presentes no pomar por mais de 9 horas/dia, enquanto que as *Trigona*, permaneceram no pomar por mais de sete horas. Resultados similares foram obtidos por Heard (1994), em pomares de macadâmia na Austrália.

Masis & Lezama (1991) e Heard & Exley (1994) observaram que 91 e 96 % das visitas às flores de macadâmia, respectivamente, na Costa Rica e Austrália, foram realizadas por abelhas *Apis* e *Trigona*.

No Nordeste de Queensland, na Austrália, os importantes polinizadores das flores de macadâmia são as abelhas *A. mellifera* L. e *Trigona*, sendo as abelhas *Trigona* consideradas como provável polinizador natural das flores desta planta (Vithanage & Ironside, 1986).

As demais espécies observadas, fizeram visitas ocasionais, não apresentando constância no pomar, caracterizando-se, deste modo, como visitantes ocasionais.

Heard & Exley (1994) afirmaram que em condições naturais o excessivo florescimento de macadâmia pode atrair grande número de visitantes oportunistas para suas flores e atrair uma grande variedade de insetos visitantes, sugerindo que pelo menos em condições de pomar, a macadâmia é uma generalista na atratividade de seus agentes polinizadores.

A Tabela 2 e Figura 2 , mostram o número e horários das visitas de *A. mellifera* L.e abelhas *Trigona*.

Pela Tabela 2 observa-se que as abelhas do gênero *Apis* permaneceram mais tempo no pomar realizando visitas às panículas de macadâmia. Por esta mesma Tabela, verifica-se que não houve diferença significativa no número médio das visitas nos horários compreendidos entre 8:40h e 16:40h. Entretanto, diferença significativa foi observada entre os horários de 7:40h, 9:40h, 10:40h e 13:40h, 14:40h e entre 13:40h, 14:40h e 15:40h (Tabela 2). Ainda pela mesma Tabela, observa-se que não houve diferença significativa no número de visitas para abelhas *Trigona*. Estas abelhas, apresentaram um padrão de visitas às flores de macadâmia bem diferente daquele observado para *A . mellifera* L. Nos horários de 7:40h, 15:40h e 16:40h não foram observadas nas panículas(Tabela 2).

Tabela 2. Média do número de visitas de abelhas às panículas de macadâmia em diferentes horários. Tietê (SP), 1996.

Número de visitas *		
Horário	<i>Apis mellifera</i> m ± desvio padrão	<i>Trigona</i> sp. m ± desvio padrão
7:40h	0, 9 b ± 0,48	0, 0 a ± 0
8:40h	9, 7 ab ± 3,66	0, 1 a ± 0,1
9:40h	17, 7 a ± 4,30	0, 3 a ± 0,21
10:40h	20, 5 a ± 4,17	1, 0 a ± 0,51
11:40h	11, 2 ab ± 2,65	0, 4 a ± 0,22
12:40h	10, 7 ab ± 2,72	0, 2 a ± 0,13
13:40h	16, 0 a ± 2,85	0, 1 a ± 0,10
14:40h	16, 2 a ± 2,17	0, 5 a ± 0,30
15:40h	14, 3 a ± 2,55	0, 0 a ± 0
16h:40h	12, 0 ab ± 5,24	0, 0 a ± 0

*Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não difere estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

A superioridade do número das visitas realizadas por abelhas *Apis* às flores de macadâmia (Tabela 2 e Figura 2), é devido a maior capacidade de orientação, determinação da distância e sentido de orientação entre a colmeia e a fonte de alimento, assim como, a existência de colônias mais populosas (Masís & Lezama, 1991).

Heard & Exley (1994) declararam que a presença maciça das abelhas sociais nas flores de macadâmia é causada principalmente pela grande capacidade destes insetos de recrutarem suas companheiras de ninhos.

Figura 2-Número médio de visitas de abelhas às panículas de macadâmia em diferentes horários. Tietê (SP), 1996.

O pequeno número das visitas de abelhas *Trigona* no pomar experimental (Tabela 2 e Figura 2), está relacionado principalmente com a pequena reserva de vegetação nativa existente na circunvizinhança do pomar. O refúgio da vegetação natural é benéfico para as abelhas indígenas (Banaszak, 1992), assim como, a disponibilidade de local apropriado para a nidificação destes apídeos é considerado fator limitante a sua abundância.

Masis & Lezama (1991); Heard (1994) e Heard & Exley (1994) afirmaram que a espécie *T. carbonaria* é o segundo melhor polinizador das flores de macadâmia na Costa Rica e na Austrália. No entanto, esta espécie não foi observada no pomar experimental durante as observações por se tratar de uma espécie provavelmente originária da região de origem da macadâmia. No entanto, as espécies *T. spinipes* (Fabr.), abelha irapuá praga de diversas culturas (Gallo *et al.*, 1988) e *T. hyalinata* foram observadas coletando principalmente pólen nas flores.

A Figura 2 mostrou que o número das visitas de *A. mellifera* foi crescente a partir das 7:40h com a ocorrência de um pico às 10:40h. As 11:40h e 12:40h houve um decréscimo, e entre 13:40h e 14:40h, ocorreu o segundo pico, a partir de então, houve um decréscimo até às 16:40h. Após este horário, mesmo não tendo sido quantificado o número de abelhas nas panículas, observações visuais demonstraram, que o número de abelhas no pomar foi diminuindo à medida que a noite se aproximava.

Estes dados concordam em parte com os obtidos na Austrália por Vithanage & Ironside (1986).

Heard & Exley (1994) verificaram que o pico de atividade para *Apis* e *Trigona* ocorre respectivamente, às 12:30h e entre 10:00h e 12:00h nas condições da Austrália, que são similares as condições brasileiras.

4.1.2 Número de visitas na parte interna e externa da copa

Os resultados do número das visitas às panículas de macadâmia localizadas interna e externamente à copa das plantas são apresentados na Tabela 3 e Figuras 3 e 4.

Tabela 3. Média de visitas de *A. mellifera* às panículas de macadâmia em duas distintas posições no cultivar IAC 4-12B. Tietê (SP), 1997.

Posição	Médias m $\pm$ desvio padrão*
Parte interna	14,6 a $\pm$ 1,38
Parte externa	18,6 b $\pm$ 1,19

*Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey

As abelhas visitaram mais a parte externa da copa das árvores como podemos observar pela Tabela 3. Pela mesma Tabela, constata-se que houve diferença significativa no número de visitas entre as duas posições da copa das plantas, sendo as médias de 14,6 e 18,6, respectivamente, para a parte interna e externa da copa. (Tabela 3); estes resultados podem ser visualizados graficamente pela Figura 3.

Figura 3- Médias do número de visitas de *A. mellifera* em duas distintas partes da copa. Tietê (SP), 1997.

Para as condições que o experimento foi conduzido e levando-se em consideração o cultivar estudado, sua idade, espaçamento e tratos culturais, nossos resultados concordam com os obtidos por Heard & Exley (1994).

Observando-se a Figura 4, verifica-se que durante a manhã ocorreu um pico de visitas às 10:00h, que coincide com o pico de atividade destes apídeos na Austrália, observado por Stace (1986), também com o pico de níveis de açúcares no néctar das flores de macadâmia (Vithanage & Douglas 1987). Entre às 13:00 e 14:00 h observou-se um decréscimo na atividade destes insetos; as abelhas visitam mais as flores de macadâmia durante a manhã, não obstante, próximo ao meio-dia a atividade seja reduzida (Stace,1986). Às 15:00 h ocorreu o segundo pico (Figura 4), sendo este resultado comparável os obtidos por (Heard & Exley,1994) em pomares de macadâmia na Austrália.

Figura 4-Visitas de *Apis mellifera* L. às panículas de macadâmia localizadas na parte interna e externa da copa. Tietê (SP), 1997.

Para as condições que o experimento foi conduzido e levando-se em consideração o cultivar estudado, sua idade, espaçamento e tratos culturais,

nossos resultados concordam em parte com aqueles obtidos por Heard & Exley (1994).

Durante as observações de campo, verificou-se que um grande contingente de abelhas estava presente no pomar, forrageando por pólen e principalmente por néctar, em todas as partes das plantas, principalmente, nos horários mais quentes do dia.

Tanto *A. mellifera* quanto *T. carbonaria* forrageiam em todas panículas, todavia, sua eficiência como polinizador pode ser reduzida se preferirem forragear somente em panículas externas (Heard & Exley, 1994).

Considerando-se as condições em que as observações foram conduzidas, a arquitetura das plantas experimentais e os resultados obtidos, fica evidente a eficiência das abelhas melíferas em pomar de macadâmia como agentes polinizadores, principalmente pelo grande contingente presente diariamente. No entanto, as abelhas apresentaram maior atividade de forrageamento na parte externa da copa das plantas (Tabela 3). *T. carbonaria*, o segundo melhor polinizador da macadâmia na Austrália, tem preferência por panículas localizadas na parte externa da copa das árvores (Heard & Exley, 1994), comportamento esse que reduz sua eficiência como polinizador. Com relação *A. mellifera*, nas condições em que a presente pesquisa foi desenvolvida, constatou-se que estas abelhas apesar de terem apresentado maior atividade de forrageamento na parte externa da copa, elas também forragearam na parte interna, não restringindo sua atividade de coleta apenas a uma posição.

Durante as observações de campo, foi mínimo o número de outras espécies forrageando nas panículas desta nogueira, no entanto, observamos a presença de um pequeno beija-flor realizando visitas.

Heard & Exley (1994) observaram a presença de cinco espécies de beija-flores visitando flores de macadâmia na Austrália. Os pássaros visitam também as

flores de outras plantas da família Proteaceae pertencente a outros gêneros (Proctor et al.,1996).

4.1.3 Duração de visitas

A duração de visitas de *Apis mellifera* L. e abelhas *Trigona* às panículas de macadâmia, apresentou variação significativa para *A. mellifera* L., enquanto que para as abelhas do gênero *Trigona*, não houve significância nos horários observados (Tabela 4). A média geral da duração de visitas foi respectivamente, 30 e 8,5 segundos para ambas as espécies.

Tabela 4 Média de duração de visitas (s) de abelhas às panículas de macadâmia em diferentes horários. Tietê (SP),1996.

Horários	<i>Apis mellifera</i> m $\pm$ desvio padrão	<i>Trigona</i> m $\pm$ desvio padrão
7:40h	9,3 b $\pm$ 4,67	3,0 a $\pm$ 3,00
8:40h	18,9 ab $\pm$ 6,84	11,6 a $\pm$ 6,92
9:40h	26,2 a $\pm$ 5,28	14,7 a $\pm$ 6,32
10:40h	27,4 a $\pm$ 6,56	4,0 a $\pm$ 1,75
11:40h	42,0 ab $\pm$ 12,54	13,0 a $\pm$ 5,60
12:40h	43,2 ab $\pm$ 5,15	9,7 a $\pm$ 4,15
13:40h	36,8 a $\pm$ 4,57	9,8 a $\pm$ 4,07
14:40h	40,7 a $\pm$ 4,77	13,5 a $\pm$ 6,43
15:40h	41,4 a $\pm$ 7,37	5,0 a $\pm$ 3,20
16:40h	15,5 ab $\pm$ 8,28	4,0 a $\pm$ 4,00

*Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não difere

estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

Heard (1994) observou que a média de duração das visitas de *Apis* e *Trigona* foi respectivamente, de 35,5 e 44 segundos por panícula nas condições da Austrália, que são similares as condições brasileiras.

Pelos resultados da Tabela 4, verifica-se que a média da duração das visitas de *A. mellifera* L. por panícula variou de 9,3 a 43,2 segundos. Observa-se também que não ocorreu diferença significativa no intervalo de 8:40h às 16:40h, no entanto, diferença significativa foi constatada entre 7:40h e os horários de 9:40h e 10:40h e entre 13:40h, 14:40h e 15:40h. Registraram-se visitas com maiores durações entre os horários de 11:40h e 15:40h que variaram de 36,6 a 43,2 segundos, no entanto, no primeiro horário a média de duração das visitas foi de 9,3 segundos.

Figura 5- Duração de visitas de abelhas às panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.

Observando-se os resultados graficamente pela Figura 5, verifica-se que a duração das visitas teve ascensão entre 7:40h e 12:40h, com o primeiro pico ocorrendo entre 11:40h e 12:40h, quando observaram-se visitas com maiores durações nos horários estudados. O conteúdo de açúcares no néctar das flores é

uma das formas da flor atrair seus polinizadores com maior intensidade. O volume e a concentração do néctar são positivamente correlacionados com as visitas das abelhas (Southwick et al., 1981). Free (1993) observou que nas condições da Austrália, o pico do conteúdo de glicose no néctar das flores de macadâmia ocorreu entre 11:00h e 13:00h, intervalo este bem próximo daquele observado para o primeiro pico de duração das visitas, nas condições em que o presente experimento foi conduzido.

Às 13:40h ocorreu uma pequena queda e entre às 14:40h e 15:40h, ocorreu o segundo pico (Figura 5), intervalo este que está bem próximo do pico de abertura das flores de macadâmia na Austrália (Free, 1993). Após o segundo pico, observou-se uma tendência de redução no tempo de duração das visitas (Figura 5).

Stace (1986) observou, na Costa Norte de Nova Gales, na Austrália, que durante um fluxo normal de néctar em macadâmia, as abelhas melíferas permaneceram entre 3,5 e 4 segundos por flor, no entanto, em época de grande fluxo nectarífero, esta permanência variou entre 3,5 e 40 segundos.

Urata (1954) observou que a macadâmia nas condições do Havaí, apresenta um pico de antese pela manhã e outro à tarde. No presente estudo, verificou-se que os dois picos de duração das visitas ocorram entre 11h40 e 12h40 e entre 14h40 e 15h40, seguindo o padrão do pico de abertura das flores desta frutífera.

As abelhas do gênero *Trigona* não apresentaram diferença significativa na duração das visitas dentro dos horários observados (Tabela 4). A média de duração de suas visitas variou entre 3 e 14,7 segundos com média geral igual a 8,5 segundos, bem abaixo daquela encontrada para as abelhas melíferas.

Na Austrália, Heard (1994) encontrou que a média de duração de visitas para *T. cabonaria* foi de 44 segundos. No entanto, as espécies de abelhas *Trigona*, observadas na presente pesquisa; *T. spinipis* e *T. hyalinata hyalinata*, são espécies que estão sendo citadas pela primeira vez como visitantes das flores de

macadâmia, não havendo portanto, registros sobre a duração de suas visitas às flores desta frutífera. Não obstante, *T. carbonaria* Smith, é uma espécie citada com frequência como um importante polinizador das flores de macadâmia (Heard, 1994 e Heard & Exley, 1994; Masís & Lezama, 1991 e Vithanage & Douglas, 1986). Além disso, esta espécie é provavelmente originária da região geográfica da macadâmia (Smith, 1956), estando portanto, adaptada a morfologia e fisiologia das flores desta noqueira, portanto, mais apta para explorar seus recursos florais e permanecer mais tempo sobre suas flores.

As espécies de *Trigona* observadas apresentaram comportamento de forrageamento similar aquele exibido pela espécie *T. carbonaria* Smith e descrito por Stace (1986), no entanto, suas visitas foram bem mais rápidas. Este fato pode estar relacionado com o comportamento antagônico observado entre estas espécies e as abelhas do gênero *Apis*, assim como os fatores meteorológicos.

4.1.4 Coleta de néctar e pólen

As abelhas *A. mellifera* forragearam por pólen e principalmente por néctar. A atividade de forrageamento foi observada das 8:00h às 17:00hh. Durante o período de observação, as abelhas estiveram presentes no pomar e forragearam por pólen e preferencialmente por néctar. A atividade de coleta de néctar foi superior a de pólen durante a maior parte do tempo de observação (Tabela 5). A média geral de abelhas coletando néctar foi cinco vezes maior do que a média de abelhas coletando pólen, sendo respectivamente, de 10 e 2. As abelhas *A. mellifera* diferem grandemente das abelhas sem ferrão em preferência de forrageamento em flores de macadâmia. Na Austrália, a média para 10 diferentes localidades foi de 95 % das abelhas melífera forrageando por néctar e somente 5 % por pólen. As abelhas sem ferrão mostraram uma tendência oposta, com uma média somente de 10 % forrageando por néctar e 90 % remanescente forrageando por pólen (Heard, 1994)

A Tabela 5, mostra os resultados da atividade de coleta de néctar e pólen pelas abelhas melífera em flores de macadâmia. Pela referida Tabela, nota-se que houve diferença significativa no número médio de operárias campeiras coletando néctar entre os horários de 8:00h, 11:00h, 13:00h, 14:00h, 15:00h e 16:00h, observando-se ainda a mesma Tabela, verifica-se que não foi constatada diferença significativa entre os diversos horários observados para o número médio de coletora de pólen.

Tabela.5 Médias do número de abelhas *A mellifera* coletando néctar e pólen em panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.

Horários	Néctar m $\pm$ desvio padrão	Pólen m $\pm$ desvio padrão
8:00h	1,4 c $\pm$ 0,81	1,7 a $\pm$ 1,71
9:00h	6,8 abc $\pm$ 2,56	2,5 a $\pm$ 0,94
10:00h	10,4 abc $\pm$ 2,27	4,5 a $\pm$ 1,81
11:00h	12,4 ab $\pm$ 3,24	3,1 a $\pm$ 1,42
13:00h	13,5 ab $\pm$ 2,13	2,7 a $\pm$ 2,71
14:00h	12,7 ab $\pm$ 2,54	0,4 a $\pm$ 0,29
15:00h	16,1 a $\pm$ 2,60	1,5 a $\pm$ 1,57
16:00h	11,7 ab $\pm$ 1,72	0,7 a $\pm$ 0,28
17:00h	5,2 bc $\pm$ 1,89	0,5 a $\pm$ 0,57

*Médias seguidas da mesma letra, na vertical não difere estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As Figuras (6 e 7), mostram graficamente a atividade de coleta de néctar e pólen em flores de macadâmia. Pela Tabela 5 nota-se que o número de coletoras de néctar no pomar, a partir das 9:00h foi sempre superior ao número de coletoras

de pólen. Estes resultados são similares os obtidos por (Free, 1993; Stace, 1986; Urata, 1954 e Vithanage & Ironside, 1986)

Figura 6-Média do número de abelhas *A. mellifera* coletoras de néctar e pólen em panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.

Figura 7-Coleta de néctar e pólen por abelhas *A. mellifera* em panículas de macadâmia. Tietê (SP), 1996.

Observando-se ainda as Figuras 6 e 7, nota-se que a atividade de coleta de néctar foi crescente até às 13:00h, com maior atividade entre 11:00h e 13:00h,

correspondendo ao primeiro pico de atividade, que coincide com o pico do conteúdo de glicose no néctar de flores de macadâmia na Austrália (Free,1993). O volume e a concentração do néctar podem ser afetados pelas visitas de abelhas e o microclima (Corbet et al.,1979). O volume e a concentração são positivamente correlacionados com as visitas das abelhas (Vithanage & Ironside,1986). Às 15:00h observou-se a ocorrência do segundo e maior pico de atividade que coincide com pico de abertura das flores de macadâmia na Austrália (Heard,1993). A partir das 15:00h as abelhas reduziram suas atividades de coleta de néctar e pólen no pomar (Figuras 6 e 7).

As Figuras 6 e 7 mostraram o comportamento de coleta de pólen em flores de macadâmia por abelhas melíferas. As abelhas estiveram presentes no pomar em todos horários observados, no entanto, a maior atividade de coleta de pólen foi registrada entre 8:00h e 13:00h, com um pico às 10:00h que coincide com o pico de atividade de coleta de néctar observado na Austrália (Stace,1986). Após isto a atividade decresceu e às 15:00h observou-se uma pequena elevação (Figuras 6 e 7). A proporção de abelhas sem ferrão e *Apis* coletando pólen decresce através do dia até às 15:00h, quando ocorre um aumento. A antese, na qual, o pólen torna-se disponível, apresenta um pico aproximadamente às 15:00h (Heard & Exley,1994). Após este horário, a atividade de forrageamento por esta fonte de alimento tendeu a decrescer até às 17:00h, de maneira análoga a coleta de néctar (Figuras 6 e 7). Muitas flores abrem pela manhã e as coletoras de pólen são ativas nesse tempo. A disponibilidade de pólen é alta no período da manhã e declina durante o dia (Vithanage & Ironside,1986). A quantidade de grãos de pólen conduzidas pelas abelhas variou de 5.225 para 7.245 durante o período da manhã, no entanto, a tarde a variação foi de 1.040 para 3.051, isto indica que mais pólen de macadâmia estava disponível para as abelhas para serem transferidos durante a manhã do que a tarde (Vithanage & Ironside,1986).

Urata (1954) observou que nas condições do Havaí a macadâmia apresentou dois picos de antese, sendo um pela manhã e outro à tarde, o pico matutino é mais intenso do que o vespertino.

Heard & Exley (1994) observaram menor atividade das abelhas em pomar de macadâmia no período vespertino, tanto para coleta de néctar quanto para coleta de pólen. O forrageamento para as abelhas sem ferrão cessou às 16:00h e brevemente após este horário para as abelhas *A. mellifera* (Heard & Exley, 1994).

As abelhas são atraídas para as flores de macadâmia tanto por néctar quanto por pólen, no entanto, a secreção de néctar por flor é pequena (em torno de 2µl). É necessário que uma abelha campeira, visite mais de três flores antes de deixar uma panícula (Vithanage & Douglas, 1987). Mesmo sendo ínfima a quantidade de néctar secretado pelas flores, o padrão profuso de florescimento desta proteáceae, oferece uma grande quantidade de flores aos seus visitantes como uma maneira de recompensar a pequena oferta deste recurso floral.

Observando-se o comportamento de coleta de pólen e néctar pelas abelhas sociais *Apis* e *Trigona*, nas condições em que a presente pesquisa foi conduzida, verificou-se que elas geralmente realizavam visitas individuais às panículas, no entanto, nos horários de pico observaram-se até mais de três abelhas por panículas. Observaram-se também reações contrárias intra e interespecíficas. Durante a coleta de néctar as abelhas *Apis* pousavam sobre as panículas e sobre elas realizavam um passeio percorrendo-as tanto no sentido ascendente quanto no descendente da haste, movimentando-se entre as flores. Deste modo, os estilos das flores eram puxados para um lado e para outro pelo tórax destes apídeos, de modo que, os estigmas foram observados acima dos corpos destes indivíduos. Apesar dos estigmas se posicionarem sobre seus corpos, quando elas pousam ou variavam a direção do movimento na panícula, suas asas e abdome, às vezes, tocavam a superfície estigmática, podendo a transferência de pólen ocorrer neste tempo. Comportamento similar foi observado por Stace (1986). Elas realizavam passeio sobre os estames e anteras das flores e impeliavam seus toques no interior

das mesmas procurando néctar, de maneira análoga como foi observado por Stace(1986).

Ocasionalmente as abelhas foram observadas coletando somente pólen, quando assim faziam, elas realizavam movimentos agitados e com as pernas posteriores elas faziam a coleta pairando no ar, no entanto, quando elas estavam coletando néctar, principalmente nas horas de menor pico de visitas, introduziam a probócis no nectário e permaneciam quase que imóveis sobre as flores por um bom tempo.

As abelhas *Trigona*, apresentaram um comportamento de coleta, no qual estes indivíduos caminhavam sobre as flores, passando de estígia para estígia , e assim faziam coleta de pólen, principal recurso floral explorado por estas abelhas.

4.1.5 Quantidade de grãos de pólen conduzidos por *A. mellifera* e fidelidade de visitas

Os resultados da quantidade de grãos de pólen de macadâmia e outros tipos conduzidos no corpo das abelhas e fidelidade de visitas são apresentados na Tabela 6.

Pelos resultados apresentados na Tabela 6, verifica-se que, a maior parte do pólen conduzido pelas abelhas coletoras é de macadâmia, sendo pequena a presença de pólen de outras fontes florais.

Tabela.6 Média do número de grãos de pólen conduzidos por abelhas e fidelidade de visitas. Tietê (SP), 1997.

Média do nº de grãos de pólen / abelha(n=10)			
Data	Macadâmia	Outros tipos	*Fidelidade (%)
24/08	$6,9 \times 10^5$	$1,18 \times 10^4$	98,30
25/08	$6,3 \times 10^5$	$1,30 \times 10^3$	97,94
26/08	$7,9 \times 10^5$	-----	100,00
Média geral	$7,0 \times 10^5$	$0,43 \times 10^4$	98,75

*Fidelidade de visitas é expressa como a percentagem de pólen de macadâmia no total da carga conduzida por abelha entre 9h30 e 11h 30

A quantidade de grãos de pólen conduzido por abelhas apresentou pequena variação durante os dias de coleta nas condições em que as observações foram conduzidas. Nossos resultados diferem dos obtidos por Vithanage & Ironside (1986) em três diferentes localidades da Austrália, possivelmente devido a quantidade de pólen transportada variar em função das condições climáticas, local, espécie de inseto, espécie botânica, horário de antese e pilosidade do corpo dos insetos (Kendal & Solomon, 1973; Ortiz & Polo, 1992; Vithanage & Douglas, 1987 e Vithanage & Ironside 1986).

A fidelidade de visitas a uma determinada espécie vegetal é um dos fatores que caracteriza uma espécie de inseto como um eficiente polinizador de uma determinada planta. Os dados da Tabela 6 mostram que as abelhas apresentaram um percentual de fidelidade de visitas às flores de macadâmia que variou entre 97,94 a 100 % . Resultados similares foram obtidos por Vithanage & Ironside (1986) em pomares de macadâmia em três diferentes localidades da Austrália, que obtiveram fidelidade de visitas variando entre 95 a 100 %.

Visscher & Seeley (1982) obtiveram que as abelhas de uma colônia organizam sua atividade de forrageamento em um determinado dia, de modo que elas se concentram em poucas fontes de alimento de alta qualidade.

Free (1993) encontrou que o percentual da carga de pólen de diferentes fontes florais presente na carga de pólen de *A. mellifera* variou entre 0 a 10 %.

Em 38 tipos de méis colhidos na Zâmbia e Malawi, 70 tipos de pólen foram identificados, entretanto, os méis oriundos da Malawi apresentaram maior variedade de tipos de pólen, dos quais, macadâmia foi dominante (Persano-Oddo et al., 1988).

A macadâmia apresenta período de florescimento que se estende da segunda quinzena de agosto à primeira quinzena de setembro nas condições do Brasil. Neste período, de acordo com as condições experimentais em que o presente trabalho foi conduzido, foi um fato normal a alta fidelidade de visitas das abelhas às flores de macadâmia. As abelhas apresentaram comportamento de forrageamento intenso sobre as flores desta noqueira, o qual as caracterizou como o mais importante agente polinizador presente na área durante o período de florescimento das plantas.

4.1.6 Número de frutos fixados

Os resultados do número médio do total de frutos fixados em panículas polinizadas e não polinizadas dos cultivares de macadâmia IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20 são apresentados nas Tabelas 7 e 8 e Figuras 8 e 9.

Pelos resultados da Tabela 7 e Figura 8, verifica-se que as panículas polinizadas apresentaram significativamente maior número de frutos fixados do que as não polinizadas para os três cultivares. Em termos percentuais, do total de frutos fixados, as panículas polinizadas fixaram 98,1 % enquanto que as não polinizadas fixaram apenas 1,9 % (Tabela 7).

Tabela 7. Média do número total de frutos fixados em panículas de macadâmia dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Tietê (SP), 1996.

Tratamentos	Médias * $\pm$ desvio padrão
Polinizadas	121,0 a $\pm$ 17,89
Não polinizadas	2,3 b $\pm$ 0,42
Redução (%)	98,1

* Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 8-Efeito do ensacamento e não ensacamento de panículas de macadâmia na fixação de frutos dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Tietê (SP), 1996.

Resultados similares foram obtidos por Heard (1994) na costa oriental da Austrália, área de ocorrência de 90 % dos pomares de macadâmia e por Masís & Lezama (1991) na Costa Rica.

A fixação inicial e final de frutos em macadâmia aumentam com o aumento das visitas das abelhas (Heard, 1994), no entanto, além das abelhas,

existem outras espécies de insetos que desempenham importante taxa de polinização nesta noqueira (Vithanage & Ironside, 1986).

A ocorrência de uma boa fixação inicial de frutos, poderá influenciar na produção final, deste modo, na ampliação dos pomares de macadâmia é recomendável a intercalação de cultivares compatíveis entre si e polinização cruzada que são fatores importantes na melhoria da qualidade dos frutos (Ito, 1980; Sedgley et al., 1990 e Urata, 1954). Além disso, Sacramento (1996) sugere que em épocas de baixa precipitação pluviométrica, as irrigações são necessárias para fixar a floração e a frutificação inicial.

O maior número de frutos fixados nas panículas polinizadas, confirma a importância dos agentes polinizadores entomófilos na fixação de frutos de macadâmia.

Para os cultivares estudados, a menor fixação de frutos nas panículas não polinizadas é justificada pela auto-incompatibilidade dos cultivares (Sacramento, 1996), assim sendo, a polinização cruzada é necessária, principalmente por agentes entomófilos. A introdução de cultivares polinizadores com coincidência de floração com o material básico cultivado, propicia melhor fixação e desenvolvimento de frutos, visto que, a eficiência da polinização poderá ser aumentada pela ação de um grande contingente de agentes polinizadores, através da instalação de colméias nos pomares (Campo-Dall'Orto et al., 1991).

A macadâmia é uma frutífera que apresenta pólen pegajoso (Masís & Lezama, 1991), dicogamia protândrica (Dierberger & Marino Netto, 1985; Free, 1993; Vithanage & Ironside 1986 e Urata, 1954), além de apresentar problema de auto-incompatibilidade em várias cultivares (Ito & Hamilton, 1980; Sacramento, 1996; Sedgley et al., 1985, 1990 e Urata, 1954). Diante destas características florais, a polinização da macadâmia é principalmente dependente de agentes polinizadores biológicos para um bom rendimento da cultura; entre estes, os insetos são citados como os mais eficientes, principalmente as abelhas *A.*

mellifera e *T. carbonaria* (Free,1993; Heard, 1994; Heard & Exley,1994; Stace,1986; Vithanage & Iroside, 1986 e Vithanage & Douglas,1987). Deste modo, a conservação do meio ambiente e a introdução de colméias nos pomares de macadâmia (Vithanage & Iroside,1986), seriam uma prática de manejo desejáveis para aumentar o nível de polinização e conseqüentemente o rendimento da cultura. No entanto, a eficiência da polinização em frutíferas é dependente de fatores intrínsecos à colméia ,tais como: equilíbrio populacional, reserva de néctar e pólen, diferenças entre raças, assim como, de fatores extrínsecos, como condições climáticas, flora apícola, distribuição das colméias, concorrência de espécies botânicas, rotatividade das colmeias e manejo fitossanitário (Sattler,1995).

Os resultados do número de frutos fixados em panículas de macadâmia polinizadas e não polinizadas por cultivar e em avaliações realizadas aos 30 e 60 dias são mostrados na Tabela 8 e Figura 9.

A Tabela 8 mostra que a média do número total de frutos fixados em panículas polinizadas não diferiu significativamente entre os cultivares IAC 2-23 e IAC 4-12B e fixaram maior número de frutos,sendo as médias de 183,3 e 123,1. Para o cultivar IAC 4-20 a média do total de frutos fixados foi de 56,6, diferindo estatisticamente dos demais cultivares. As panículas que não receberam polinização biológica, os cultivares não apresentaram diferença significativa entre si, e a média do número total de frutos fixados foi de 3,5; 3 e 0,3, respectivamente, para IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20; médias muito inferiores as obtidas para panículas polinizadas (Tabela 8). A Figura 9 mostra graficamente a variação das médias do número total de frutos fixados para os três os cultivares, com relação aos tratamentos polinizado e não polinizado.

Tabela 8. Médias do número de frutos fixados em panículas de macadâmia por cultivar em avaliações (30 e 60 dias), Tietê, (SP) 1996.

Cultivares	Não ensacado	Média	Média	Ensacado	Média	Média
	30	60	Cultivar	30	60	Cultivar
	m±dp	m±dp	m±dp	m±dp	m±dp	m±dp
IAC 2-23	347,7a±48,72	18,9b±4,57	183,3a±44,60	4,2a±1,47	1,9a±0,69	3,5a±0,83
IAC 4-12B	164,6b±22,92	81,7a±21,6	123,1a±17,88	4,7a±1,44	2,3a±0,7	3,0±a0,82
IAC 4-20	101,9c±24,35	11,4b±2,26	56,6b±15,83	0,6a±0,34	0,1a±0,1	0,3a±0,18

Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

m ± dp= média ± desvio padrão

Figura 9-Média do número de frutos fixados em panículas de macadâmia ensacadas e não ensacadas. Tietê (SP), 1996.

As plantas que apresentam auto-incompatibilidade, dicogamia protândrica, pólen pegajoso, necessitam de um agente polinizador para o êxito de seu processo reprodutivo. No caso da isenção dos insetos nas panículas

experimentais de macadâmia, fica comprovada a importância destes artrópodes na transferência de pólen entre os cultivares estudadas, desde que, sua auto-incompatibilidade foi demonstrada por Sacramento (1996).

Como a macadâmia apresenta dicogamia protândrica e mecanismo de auto-incompatibilidade, cuja intensidade, varia entre cultivares (Sedgley, 1983), representando estes eventos florais uma das causas da variabilidade de rendimento entre cultivares, variando de local para local, de ano para ano, assim como, entre diferentes cultivares, como foi demonstrado por Stephenson & Cull (1986) para os cultivares Keauhou (246) e Kakea em três diferentes localidades no período de 1980 a 1982. Ito & Hamilton (1990) observaram comportamento similar para oito cultivares de macadâmia no Havaí, durante os anos de 1986, 1987 e 1988.

O cultivar tem maior influência na variabilidade de rendimento do que a variação entre anos e locais como observou Stephenson & Cull, 1986. No entanto, outros fatores como as condições edafoclimáticas, tratos culturais, estado nutricional da planta e o nível de polinização são citados como causas de variação de rendimento entre cultivares de macadâmia (Campo'Dall Orto et al., 1991; Stephenson, 1981; Stephenson & Cull, 1986; Stephenson & Gallagher, 1987; Sattler, 1995 e Trueman & Turnbull, 1994).

A Tabela 8 mostrou também o efeito do tempo de avaliação na abscisão de frutos nos três cultivares de macadâmia estudados, quando as panículas receberam polinização biológica e quando esta foi excluída, como podemos também constatar pela Tabela 9 e visualizar graficamente pelas Figuras 10 e 11.

Tabela 9. Médias do número de frutos fixados em panículas de macadâmia, dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Tietê (SP), 1996.

Avaliações (dias)	Médias * $\pm$ desvio padrão
30	103,90 a $\pm$ 18,79
60	19,30 b $\pm$ 5,09
Abscisão (%)	81,50

Médias seguidas da mesma letra na vertical, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Figura 10-Efeito do tempo de avaliação na abscisão de frutos dos cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20.Tietê (SP),1996.

A Tabela 8 mostrou que aos 30 dias a média do número total de frutos fixados em panículas polinizadas para os cultivares IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20 foi de 347,7; 164,6 e 101,9, respectivamente, apresentando, portanto, diferença significativa entre elas. Aos 60 dias, a média de frutos fixados e remanescentes

para estes cultivares foi, respectivamente de 18,9; 81,7 e 11,4. O cultivar IAC 4-12B apresentou maior média e diferiu estatisticamente dos demais. Para as panículas excluídas da polinização biológica, não houve diferença significativa nas médias do número total de frutos fixados e remanescentes. Estas foram de 4,2; 4,7 e 0,6 aos 30 dias e de 1,9; 2,3 e 0,1 aos 60 dias, respectivamente para IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20.

Pela Tabela 9 verificou-se que o número de frutos fixados e remanescentes aos 30 dias é significativamente maior do que aos 60 dias. Aos 60 dias verificou-se uma abscisão de 81,5 % para os três cultivares estudados.

Figura 11- Efeito da polinização e do tempo de avaliação na fixação de frutos em panículas de três cultivares de macadâmia. Tietê (SP), 1996.

Muitas espécies comumente produzem frutos maduros de somente uma pequena quantidade de suas flores femininas, deixando cair flores e frutos imaturos (Stephenson, 1981). Espécies que deixam cair uma larga proporção de flores e frutos imaturos, são notavelmente diversa na sua taxonomia (Stephenson,

1981). Elas incluem tanto Gimnospermas como Angiospermas e ocorrem em uma ampla variação de latitudes e habitats, sob condições cultivadas e não cultivadas.

Entre as espécies cultivadas, especificamente as frutíferas, o percentual de flores que iniciam a frutificação e concluem o episódio reprodutivo é muito variável. Em macadâmia de 15 a 50 % das flores femininas iniciam a frutificação, no entanto, de 0 a 4 % conseguem atingir a maturação dos frutos (Urata,1954). Nesta frutífera os frutos se desenvolvem em panículas que possuem acima de 300 flores perfeitas (Urata,1954). Entre 6 a 35 % destas flores se desenvolvem em frutos (Urata,1954), entretanto, na maturidade somente 0,3 % são retidos (Ito & Hamilton,1980). Outras frutíferas como cajueiro, mangueira (*Anacardium occidentale* L.), citros (*Citrus sinensis* L.), abacate (*Persea americana*), melão (*Cucumis melo* L.) e *Cocos nucifera*, apresentam também baixo percentual de flores que durante o episódio reprodutivo culminam com a maturação de frutos (Erickson & Brannaman,1960 Purseglove,1968 e Mann & Robison,1950; Vanderplank,1958). Estas espécies comumente perdem um considerável número de flores e frutos imaturos durante o processo reprodutivo.

A variação no número de frutos maduros produzidos nem sempre pode ser relacionada com o número de flores e frutos jovens que caem, devido a variação no número de flores produzidas (Stephenson,1981). A fração do potencial reprodutivo que é realizado está relacionado com o número de flores polinizadas, número de óvulos fertilizados, predação de frutos e sementes, condições de tempo e a habilidade que o material possui para fornecer recursos necessários ao desenvolvimento (Stephenson,1981).

O nível de polinização natural excede a fixação de frutos em muitas espécies. Em geral, a proporção de flores polinizadas que fixam frutos é inversamente proporcional ao número de flores polinizadas. Em muitas espécies os frutos oriundos de flores autopolinizadas possuem menor número de sementes e são mais propensos a abortar do que aqueles de polinização cruzada (Murneek,1954). Outras espécies deixam cair seletivamente seus frutos de flores

autopolinizadas (Stephenson,1981). Em *Macadamia integrifolia* frutos de flores autopolinizada, ocorrem somente quando a fixação de fruto é baixa (Urata,1954).

Em macadâmia é comum e contínua a abscisão de frutos, que vai das flores a sua maturação (Sakai & Nagao, 1984). Cerca de 90 % das flores caem nas duas primeiras semanas após a antese e 80 % de frutos fixados inicialmente caem após 8 semanas e no terceiro período de abscisão a queda de frutos é gradual e ocorre de 9 semanas após a antese até a maturação dos frutos em 28 a 32 semanas (Sakai & Nagao,1984). Transferência de pólen inadequada, estado nutricional das plantas e condições climáticas adversas são frequentemente apontadas como causas da abscisão de frutos em macadâmia (Campo- Dall’Orto et al.,1991 e Stephenson & Gallagher,1987).

Nas condições em que a presente pesquisa foi conduzida, acreditamos que o efeito climático tenha contribuído substancialmente para a grande abscisão de frutos, haja visto que, no estado de São Paulo o período de estiagem coincide com a época de maior requerimento de água pelas frutíferas em geral (Campo-Dall’Orto et al.,1991). Na Austrália, que as condições climáticas são similares as do Brasil, o período de queda prematuras de frutos coincide com o período de clima desfavorável (Stephenson & Gallagher, 1987).

O estresse hídrico e altas temperaturas são citados como fatores de grande importância na queda prematura de frutos na nogueira macadâmia (Stephenson & Gallagher,1987). A temperatura exerce grande influência no crescimento da árvore, iniciação floral, floração, abscisão prematura das nozes, produção e qualidade destas.

Dierberger & Marino Netto (1985) aconselham o plantio de macadâmias em áreas com precipitação acima de 1.150 mm anuais, assim como, a irrigação por micro aspersão sob a copa das árvores, em períodos de longas estiagem, para que se possa obter boas colheitas.

Trochoulías & Lahav (1983) encontraram que o total da área foliar, altura e diâmetro do tronco, foram todos maiores nos regimes de temperatura entre 15 e 30° C, com ótima produção de área foliar e massa seca entre 20 e 25° C.

4.1.7 Análise química de mel das flores de macadâmia, produzido por *A. mellifera* L. 1758

Os resultados da análise química do mel de macadâmia são apresentados na Tabela 10. Esta Tabela mostra uma comparação entre as variáveis analisadas com as especificações técnicas brasileiras, para normas higiênico-sanitárias e tecnologia para mel, cera de abelha e derivados, conforme publicação no Diário Oficial, setembro/1997 (Brasil, 1997).

Conforme os resultados apresentados na Tabela 10 verifica-se que o referido mel caracteriza-se como de mesa, com exceção do parâmetro proteína que encontra-se um pouco abaixo das especificações técnicas brasileiras. No entanto, no Brasil, não existe ainda um padrão próprio que expresse as verdadeiras qualidades dos méis brasileiros baseado nas suas características físico-químicas, deste modo, segue-se até hoje o padrão norte-americano (Komatsu, 1996).

Considerando-se a grande diversidade de solos, espécies vegetais e as condições climáticas brasileiras, variáveis entre regiões e muitas vezes dentro delas, necessário se faz a criação de padrões brasileiros para caracterização de nossos méis de conformidade com a variabilidade edafoclimática e da flora das respectivas regiões produtoras. Deste modo, o valor da variável proteína encontrado para o mel de macadâmia, não denota de modo definitivo que este mel esteja fora do nosso padrão de mel de mesa. Por outro lado, Komatsu (1996) encontrou que 59,4; 63,8; 37 e 73,5 %, respectivamente, das amostras de mel silvestre, de eucalipto, laranja e de exsudato de cana-de-açúcar apresentaram valores para a variável proteína abaixo do padrão brasileiro.

Tabela 10. Resultado da análise química de mel de flores de macadâmia e valores dos variáveis das especificações técnicas brasileira.

Variáveis	Mel de Macadâmia	Especificações Brasileiras
Umidade	19,3 %	máximo 20 %
Proteína	0,4 %	0,6 a 3 % ml
PH	3,6	3,3 a 4,6
Acidez	13,0 %	máximo 40 meq/Kg
Índice de formol	9,5 ml/Kg	4,5 a 15 ml/Kg
Índice de diastase	13,9	mínimo 8 ou 3 se HMF<15
Hidroximetilfurfural (HMF)	2,7mg/Kg	máximo 40mg/Kg
Açúcares redutores	72,0 %	minimo 65 %
Sacarose	5,5 %	Máximo 5 %

O mel de macadâmia é denso e apresenta coloração escura e sabor ligeiramente associado ao de açúcar queimado (Stace,1986), quando produzido nas condições da Austrália. No entanto, nas condições em que o presente trabalho foi conduzido, ele conservou suas características físicas, não obstante, não termos encontrado na literatura informações químicas disponíveis para compará-lo.

Com relação à produção de mel de macadâmia as informações são escassas, no entanto, Stace (1986) obteve um excedente de produção entre 5-10 kg/colmeia /ano em pomar localizado na costa Norte da New south Wales, na Austrália (29º S), colocando as colmeias no interior e à 200m de distância do pomar.

Toit (1990) declarou que na África do Sul os criadores colocam suas colônias nos pomares de macadâmia para obterem excedentes de produção de mel.

A secreção de néctar pelas flores de macadâmia é muito pequena, menos de 2µl/flor (Free, 1993 e Vithanage & Douglas, 1987), muito embora, uma panícula possa conter até 500 flores (Free,1993) e uma árvore com 15 anos de idade, pode produzir cerca de 10.000 panículas (Urata,1954).

Recomendamos aos fruticultores e apicultores que pretenderem usar colônias de abelhas para polinizar os pomares de macadâmia que as prepare pelo menos um mês antes do início do florescimento das plantas, para que o serviço de polinização seja eficiente e a produção de mel atenda as expectativas do criador de abelha. Esta recomendação baseia-se no fato de que a macadâmia apresenta um período de florescimento muito curto, em torno de 15 dias. Portanto, nas condições em que a presente pesquisa foi conduzida, as unidades polinizadoras deverão apresentar uma alta população de campeiras e bastante crias novas para estimular o comportamento de coleta dos recursos florais oferecidos pelas flores desta proteácea, assim como, a colocação de coletores de pólen no alvado das colméias com a finalidade de estimular a coleta deste alimento e aumentar a eficiência da polinização.

4.1.8 Características físicas e qualitativas dos frutos de macadâmia

As Tabelas 11 e 12 apresentam os resultados das características físicas e qualitativas das nozes de dois cultivares de macadâmia produzidos em panículas polinizadas e não polinizadas.

Os diâmetros das nozes dos cultivares IAC 4-12B e IAC 2-23 são mostrados na Tabela 11. Observando-se estes dados, verifica-se que o diâmetro das nozes do cultivar IAC 4-12B produzidos em panículas polinizadas é maior, sendo portanto, diferente estatisticamente do diâmetro das nozes produzidas em panículas não polinizadas. No entanto, para o cultivar IAC 2-23, os diâmetros das nozes não diferiram estatisticamente para os tratamentos polinizado e não polinizado.

Tabela 11. Diâmetro (cm) das nozes de dois cultivares de macadâmia Tietê (SP), 1997.

Tratamentos	IAC 4-12 B*	IAC 2-23*
	m $\pm$ desvio padrão	m $\pm$ desvio padrão
Polinizado	2,0 a $\pm$ 0,23	1,9 a $\pm$ 0,24
Não polinizado	1,6 b $\pm$ 0,20	1,9 a $\pm$ 0,23

*Médias seguidas da mesma letra, na vertical, não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Sacramento et al. (1993) declarou que a noz macadâmia possui diâmetro de aproximadamente 2,5 cm. Estes autores constataram que os diâmetros das nozes macadâmia dos cultivares Kau (344); Kakea (508); Keaau (660); Maukai (741 e Makai (800), apresentaram valores de 1,8 a 2,4 cm nas condições de cultivo do Estado do Espírito Santo.

Conforme os resultados obtidos verifica-se que a média dos diâmetros das nozes dois cultivares estudados se aproximam dos resultados citados por Sacramento et al. (1993). No entanto, no cultivar IAC 4-12B, o efeito da polinização refletiu no aumento do diâmetro das nozes, pois as nozes produzidas em panículas não ensacadas, apresentaram maiores diâmetros, não obstante, para o cultivar IAC 2-23 os diâmetros das nozes das panículas polinizadas e não polinizadas não diferiram estatisticamente entre si(Tabela 13).

D'esclapon (1966) declarou que a fecundação cruzada influencia no volume dos frutos, sendo este sempre maior quando ela ocorre.

Os resultados do peso dos frutos, rendimento de amêndoa e análise centesimal das amêndoas, são apresentados nas Tabelas 12.

O rendimento de amêndoas foi maior nas produzidas em panículas polinizadas, sendo o aumento de 29 e 6 %, respectivamente, para IAC 4-12B e IAC 2-23. Com relação ao peso, o cultivar IAC 4-12B sofreu influência da

polinização biológica, apresentando um aumento de 23 % no peso das nozes produzidos em panículas polinizadas. Não obstante, os resultados apresentados para o cultivar IAC 2-23, indicam que o peso das nozes foi praticamente o mesmo para nozes produzidas em panículas polinizadas e não polinizadas.

Tabela 12. Peso (g), rendimento de amêndoa (%) e composição centesimal (%) de amêndoas de nozes macadâmia, dos cultivares IAC 4-12 B e IAC 2-23, Tietê (SP),1997.

Componentes	IAC 4-12 B		IAC 2-23	
	Não polinizadas	Polinizadas	Não polinizadas	Polinizadas
Peso	6,30	8,20	8,50	8,30
Rendimento (%)	23,00	32,50	36,30	38,70
Óleo	70,50	74,50	76,00	79,30
Proteína Bruta (Nx6,25)	9,50	8,00	10,00	9,00
Cinzas	1,80	1,50	1,30	1,50

Root (1985) declarou que uma polinização adequada favorece o desenvolvimento dos frutos e faz com que seu peso seja satisfatório.

Franco (1991) declarou que o peso médio das nozes dos cultivares IAC 4-12 B e IAC 2-23 foi de 7,7g e 8,9g, respectivamente. Estes autores também encontraram que o rendimento de amêndoa para estes cultivares foi de 35 e 30,2 %, respectivamente. Por outro lado, Dierberger & Marino Netto (1985) declararam que o peso médio e o rendimento de amêndoas do cultivar IAC 2-23 foi de respectivamente, de 8,0g e 40 %.

Sacramento et al. (1995) obtiveram diferentes pesos médios e rendimentos de amêndoa de nozes macadâmia dos cultivares Kau (344); Kakea (508), Keaau (660), Mauka (741) Makai (800), sendo os pesos médios de 8,2; 6,5;

5,0; 5,3; 7,9 e os rendimentos de 30,5; 30,0; 31,9; 31,1 e 31,9, respectivamente, para estes cultivares nas condições do Estado do Espírito Santo.

A análise da composição centesimal das amêndoas das nozes de macadâmia dos cultivares IAC 4-12 B e IAC 2-23, indicaram maior teor de óleo nas amêndoas das nozes produzidas em panículas polinizadas, sendo o aumento de 5,4 e 4 %, respectivamente, em relação as amêndoas oriundas de nozes produzidos em panículas não polinizadas (Tabelas 12). Para os componentes proteína bruta e cinzas, seus teores praticamente foram iguais para nozes produzidos em panículas polinizadas e não polinizadas. (Tabelas 12).

O rendimento em óleo em macadâmia é uma variável importante na caracterização das amêndoas e varia em função do cultivar, condições climáticas e local de cultivo das plantas (Marrocos, 1993; Stephenson & Gallagher, 1986 e Sacramento et al., 1993, 1995).

Marrocos (1993) encontrou que o teor de óleo e de proteína para os cultivares Keahou, Ikaica, Pahala e Makai foi respectivamente de 79; 80,25; 80,08 e 82,17 e 7,28; 6,64, 7,65; e 5,43. Sacramento et al. (1995) encontrou que o teor de óleo para os cultivares Kau (344); Kakea (508), Keaau (660), Mauka (741) Makai (800) foi, respectivamente de 95,6; 98,4; 83,9; 69,4 e 97,2 para nozes produzidas em Taperoaba, Estado da Bahia e 88,8; 95,0; 91,0; 88,2 e 97,2 para aquelas produzidas em São Mateus no Estado do Espírito Santo.

Oliveira et al. (1977) declarou que a amêndoa da linhagem Campinas A de macadâmia apresentou os seguintes teores em sua composição química: óleo 75,50 %; proteína 9,54 % e cinzas 5,17 %.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa pode-se concluir que:

1. Dentre as espécies de insetos coletadas nas flores de macadâmia, a *A. mellifera* foi a mais abundante e apresentou comportamento como de eficiente polinizador;

2. A espécie *A. mellifera* foi responsável por 96 % das visitas às panículas e apresentou um pico de visitas às 10:40h e outro entre 13:40h e 14:40h. Ao meio-dia foi observada uma menor atividade no pomar. As demais espécies se comportaram como visitantes ocasionais;

3. O número e a duração de visitas para abelhas *Trigona*, foi menor em para todos horários estudados;

4. As abelhas melíferas visitaram mais a parte externa da copa das plantas, sendo a média das visitas nesta posição de 18,6 e na parte interna de 14,6;

5. As abelhas do gênero *Apis* apresentaram maior duração de visitas às panículas, variando de 9,3 a 43,2 segundos. Nos horários de 11:40h, 12:40h e 15:40h as visitas foram mais longas, com duração variando entre 41 e 43 segundos;

6. As abelhas *Apis* forragearam tanto por néctar como por pólen, embora com uma atividade de cinco vezes maior para néctar, com um pico entre 11:00h e 12:00h e outro às 15:00h. O forrageamento por pólen foi mais intenso entre 8:00h e 13:00 h, com um pico às 10:00h;

7. A fidelidade de visitas às flores para *Apis* variou de 97,94 a 100 %;

8. Quando não ocorreu a polinização biológica houve uma redução de 98,1 % na fixação de frutos para os três cultivares e a média de frutos fixados por cultivar, foi de 183,3; 123,1 e 56,6, respectivamente, para IAC 2-23, IAC 4-12B e IAC 4-20. Nas panículas que não sofreram o efeito da polinização biológica, a média de fixação de frutos foi de 3,5, 3,0 e 0,3, respectivamente. Aos 60 dias, a abscisão de frutos para estes cultivares foi de 81,50 %;

9) O mel produzido das flores de macadâmia por *A. mellifera*, apresentou qualidade para o consumo, caracterizando-se como de mesa;

10) As amêndoas das nozes produzidas em panículas que receberam a polinização biológica dos cultivares IAC 4-12B e IAC 2-23, apresentaram maior rendimento de amêndoas (29 e 6 %) em relação àquelas que não foram polinizadas. O aumento para o teor de óleo foi respectivamente, de 5,4 e 4 % para estes cultivares. O cultivar IAC 4-12B, apresentou nozes com maior diâmetro quando ocorreu a polinização biológica, com um aumento de 23 %.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRICULTURAL STATISTICS-1993, p. 208, 361, 1993.
- AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official and tentative methods**. 3. ed. Champaign, 1983. 1v
- AKRE, R.D. Social wasp and man. In: HENRY, R.H. **Social insects**. London: Academic Press, 1982. cap.1, p. 1-105.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Arlington, 1990. p. 337-348: Microchemical methods.
- BAHIA. Secretaria da Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Macadâmia**. Salvador: Max Paper, 1991. 38p. (Série Alternativas de Investimentos, 2).
- BANASZAK, J. Strategy for conservation of wild bees in an agricultural environment. **Agriculture Ecosystems Environment**, v.40, p.179-192,1992.
- BARBOSA, W. ; CAMPO-DALL'ORTO, F.A.; OJIMA, M. et al. Seleções de nogueira-macadâmia do Instituto Agrônômico. **O Agrônômico**, v. 43, n. 2/3, p. 94-99, 1991.
- BITTENCOURT, P. V. C. **Instruções preliminares para a cultura da nogueira-macadâmia**. São Paulo: Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo; Campinas: Instituto Agrônômico, 1965. 150p. (IAC. Boletim Técnico, 16).
- BORROR, D.J.; DeLONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo: Edgard Blucher; EDUSP, 1969. cap. 29, p. 417-524: Ordem Hymenoptera: vespas, formigas e abelhas.
- BRASIL. Leis decretos, etc. Lei n^o 30.691, de 04 de setembro de 1997. **Diário Oficial**, de 04 de set.. 1997. Seção 1, p.1969-1970. Aprova as Normas Higiênicas-Sanitárias.

- CAMPO-DALL'ORTO, F. A. ; OJIMA, M. ; BARBOSA, W. Fruticultura: queda de frutos imaturos. **O Agrônomo**, v.43, n.2/3, p. 79-87,1991
- CORBET, S.A.; UNWIN,D.M.; PRYS-JONES, O,E. Humidity, nectar and insect visits to flowers, with special reference to *Crataegus*, *Tili* and *Echium*. **Ecological Entomology**, v.4, p.9-22, 1979.
- COUTO, R. H .N. Polinização- aspectos gerais e resultados experimentais na região de Jaboticabal (SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 10., Pousada do Rio Quente, 1994. **Anais**. Pousada do Rio Quente: Associação dos Criadores de Abelhas do Estado de Goiás, 1994. p. 1-16.
- CRANE, E. **O livro do mel**. São Paulo: Nobel, 1983. 255p
- CRANE, E ; WALKER, P. **Pollination directory for world crops**. London: International Bee Research Association, 1984. 183p.
- D'ESCLAPON, G. R. **Tratado práctico de fruticultura**. Barcelona: Blume, 1966. p.100-104: Polinización.
- DIERBERGER, J. E. ; MARINO NETTO, L. **Noz macadâmia: uma nova opção para a fruticultura brasileira**. São Paulo: Nobel, 1985. 120p.
- ERICKSON, L. C. BRANNAMAN, B. L. Abscission of reproductive structures and leaves of orang trees. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.75, p.222-229,1960.
- FONSECA, V. L. I. ; RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNI, A. **Flores e abelhas em São Paulo**. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 1993. cap. 1, p. 17-30: Abelhas sociais e flores análise polínica como método de estudo.
- FRANCO, J. A. M. **Variedades de macadâmias para o Estado de São Paulo**. Dois Corregos: Associação dos Plantadores de Macadâmia de São Paulo, 1991. 4p. (Boletim Informativo, 2).
- FREE, J. B. **Insect pollination of crops**. London: Academic Press, 1970. cap. 1, p. 1-11: Introduction.
- FREE, J. B. **Insects pollination of crops**. 2.ed. London: Academic Press, 1993. cap. 53, p. 419-420: Proteaceae.

- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de entomologia agrícola**. São Paulo: Ceres, 1988. cap.3, p.7-82: Os insetos e o reino animal.
- HEARD, T. A. Pollinator requirements and flowering patterns of *Macadamia integrifolia*. **Australian Journal of Botany**, v. 41, p. 491-497, 1993.
- HEARD, T. A. Behaviour and pollinator efficiency of stingless bees and honey bees on macadamia flowers. **Journal of Apicultural Research**, v. 33, n. 4, p. 191-198, 1994.
- HEARD, T. A. ; EXLEY, M.E. Diversity, abundance, and distribution of insect visitors to macadamia flowers. **Environmental Entomology**, v. 23, n. 1, p. 91-100, 1994.
- IHERING, R. von. As vespas sociais do Brasil. **Revista do Museu Paulista**, v.6, p.97-309, 1904.
- ITO, P. J. Effect of style removal on fruit set in macadamia. **HortScience**, v.15, n.4, p. 520-521, 1980.
- ITO, P. J. ; HAMILTON, R. A. Quality and yield of “Keauhou” macadamia nuts from mixed and pure block plantings, **Hortscience**, v. 15, n. 3, p. 307, 1980.
- ITO, P. J. ; HAMILTON, R. A. Early yield of macadamia at four locations in Hawaii. **Acta Horticulturae**, v. 275, p. 79-81, 1990.
- JANIS, W.; PECKINS, S.; BAKER, B. Macadamia situation and outlook. **World Horticultural Trade and US Export Opportunities**, n.4, p.21-5, 1997. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1996/Oct. 1997/
- JAZEN, D. H. **Ecologia vegetal nos trópicos** São Paulo. EPU/EDUSP, 1980. 79p. (Coleção Temas de Biologia).
- JOHNSON, L. A. S. *Macadamia ternifolia* F. Muell. and a related new species. **Proceedings of the Linnean Society New South Wales**, v.79, p. 15-18, 1954.
- KENDAL, D.A. ; SOLOMON, M.E. Quantities of pollen on the bodies of insects visiting apple blossom, **The Journal of Applied Ecology**, v.10, n.2, p.627-635, 1973.
- KIRBY-STRZELECKI, K. Macadamia nut production in selected countries. **World Agricultural Production**, n.3, p.56-58, 1997. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1996-Oct. 1997/

- KORS, J. A. M. Aluguel de colmeias de *Apis mellifera* para polinização na região de Holambra, São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. 10., Pousada do Rio Quente, 1994. **Anais**. Pousada do Rio Quente: Associação dos Apicultores do Estado de Goiás, 1994. p. 31-42.
- KOMATSU, S.S. Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera: Apidae) de diferentes municípios do Estado de São Paulo. Piracicaba, 1996. 90p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- MANN, L. K; ROBINSON, J. Fertilization, seed development and fruit growth as related to fruit set in the cantaloup, (*Cucumis melo* L.) **American Journal of Botany**, v.37, n.7/12, p.685-697, 1950.
- MARROCOS, P.C.L. Composição química das amêndoas de quatro cultivares de *Macadamia intergrifolia* Maiden e Betcher. Viçosa, 1993. 49p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- MARTIN, N. B. Análise do potencial de competição da produção da noz macadâmia em São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 22, n. 11, p.35-41, nov. 1992.
- MASÍS, C. E. ; LEZAMA, H. J. Estudio preliminar sobre insectos polinizadores de macadamia en Costa Rica. **Turrialba**, v. 41, n. 4, p. 520-523, 1991.
- McGREGOR, S. E. **Insect pollination of cultivated crop plants**. Washington: USDA, Agricultural Research Services, 1976. p.251-253: Macadâmia. (USDA. Agriculture Handbook, 496).
- MORTENSEN, E. ; BULLARD, E. **Horticultura tropical y subtropical**. México: Pax-México, 1971. cap. 2, p. 11-68: Árboles frutales y frutos.
- MURNEEK, A.E. The embryo and endosperm in relation to fruit development, with special reference to the apple, *Malus sylvestris*. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.64, p.572-582, 1954.

- MYAZAKI, I. Ação predatória de *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813)- Lepidoptera , Pyralidae em frutos de *Macadamia integrifolia* Maiden et Betcher (Proteaceae). Piracicaba, 1982. 50p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- NOGUEIRA, R. H. P. Polinização. In: SIMPÓSIO SOBRE APICULTURA,1., Jaboticabal, 1984. **Anais**. Campinas: Fundação Cargil, 1984. p. 103-112.
- OJIMA, M; CAMPO' DALL'ORTO, F. A. **Germinação de sementes de noqueira-macadâmia**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1989. 17p. (IAC. Boletim Técnico,33).
- OJIMA, M ; CAMPO'DALL'ORTO, F. A.; BARBOSA, W. et al. Macadâmia. In: FAHL,J.I. CAMARGO,M. B. P. de ; PIZZINATTO, M. A .et al .(Ed.)**Instruções Práticas para o Estado de São Paulo**. 6.ed Campinas: IAC, 1995. p.133-134. (IAC. Boletim,200).
- OLIVEIRA, A. J.; VEIGA, A. A.; COSTA, J. D. Características físicas da semente de noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia*, Maid. e Bet.) **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n. 40,p 8-14, jun.1977.
- OLIVEIRA, J. B. ; MONIZ. A. ; ZANARDO, A. **Levantamento pedológico detalhado da estação Experimental de Tietê**. Campinas: Instituto Agrônomo,1989. 56p. (IAC.Boletim Técnico,16).
- ORTIZ, P.L.; POLO, J.M. El polen recogido por *Apis mellifera* L. durante un día. **Boletín da Sociedade Broteriana**. Ser.2, v.65, p.43-60,1992.
- PERSANO ODDO, L ; KRELL, L.; RICCIARDELLI-d'ALBORE, G. Contribution to the identification of the geographical and botanical origin of honeys produced in Zambia and Malawi. **Apicultura**, n.4, p.113-138,1988. /Resumo em **CAB Abstracts on CD-ROM**, 1990-1991/.
- PREGNOLATTO, W. ; PASCUET, E. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz ,1985. cap. 4, p.16-76: Determinações gerais.
- PROCTOR, M.; YEO,P.; LACK, A. **The natural history of pollination**. London: Harper Collins, 1996. cap.7, p.187-224: The pollination of orchids.

- PURSEGLOVE, J. W. **Tropical crops**. London: Longmans, 1968. v.1, p. 18-32: Dicotyledons.
- REGITANO, O. ; OJIMA, M. Seleção de noqueira-macadâmia (*Macadâmia integrifolia* Maiden et Betcher), para as condições do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA, 22, Salvador., 1970. Resumo. **Ciência e Cultura**, v. 22., n.7, p. 228-229, 1970.
- RICHARDS, O.W. ; RICHARDS, M.J. Observations on the social wasps of South America (Hymenoptera, Vespidae). **Transactions of the Entomological Society of London**, v.102, p.1-170, 1951.
- ROOT, A. J. **ABC y XYZ de la apicultura**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1985. p.567-581: Polinización de cultivos agrícolas.
- ROUSH, C.F. ; AKRE, R.D. Nesting biology and seasonal occurrence of yellowjackets in northeastern Oregon forest (Hymenoptera: Vespidae). **Melanderia**, v.30, p.57-94, 1978.
- SACRAMENTO, C. K. Fenologia da noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betcher) e compatibilidade entre cultivares selecionados no Brasil. Jaboticabal, 1996. 103 p. Tese (Doutorado)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária/ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- SACRAMENTO, C.K.; PEREIRA, F. M.; OLIVEIRA, E.S. Qualidade de nozes de cinco cultivares de macadâmia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.15, n.1, p. 105-110, 1993.
- SACRAMENTO, C.K.; PEREIRA, F.M.; KIMURA, M. et al. Nuts quality of five hawaiian macadamia cultivars in two locations in Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL FRUITS, Vitória, 1993. **Acta Horticulturae**, n. 370, p. 239-241, 1995.
- SAKAI, W. S. ; NAGAO, M. A. Fruit growth and abscission in *Macadamia integrifolia*. **Physiologia Plantarum**, v. 64, p. 455-460, 1984.

- SATTLER, A. Polinização por abelhas em fruteiras. In: REUNIÃO TÉCNICA DE FRUTICULTURA, 4., Porto Alegre, 1995. Porto Alegre: Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária, 1995. p.13-14.
- SEDGLEY, M. Pollen tube growth in macadamia. **Scientia Horticulturae**, v. 18, p. 333-341, 1982/83.
- SEDGLEY, M. ; BLESING, M. A. ; VITHANAGE, H. I. M. V. A developmental study of the structure and pollen receptivity of the macadamia pistil in relation to protandry and self-incompatibility. **Botanical Gazette**, v. 146, n. 1, p. 6-14, 1985.
- SEDGLEY, M. ; BELL, F. D. H.; BELL, D. et al. Self-and cross-compatibility of macadamia cultivars. **Journal of Horticultural Science**, v.65, n.2, p. 205-213, 1990.
- SHIGUERA, G. T. ; LEE, J ; SILVA, J. A. The role of honey bees in macadamia nut (*Macadamia integrifolia* Maiden and Betcher) production in Hawaii. **Journal of the American Horticultural Society**, v. 95, n. 5, p.544-546, 1970.
- SIMÃO, S. **Manual de fruticultura**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1971. cap.16, p. 487-499: Macadâmia.
- SMITH, L. S. New species and notes on Queensland plants. **Proceedings of the Royal Society of Queensland**, v. 67, p.29-40, 1956.
- SOUTHWICK, E.E.; LOPER, G.M.; SADWICK, S.E. Nectar production, composition, energetics and pollinator attractiveness in spring flowers of Western New York. **American Journal of Botany**, v.68, n 7 p.994-1002, 1981.
- STACE, P. Observations on the behaviour of honey bees in flowering macadâmia orchards. **The Australasian Beekeeper**, v.8, p. 36-41, Ago. 1986.
- STEPHENSON, R A. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. **Annual Review of Ecology and Systematic**, v.12, p. 253-279, 1981.
- STEPHENSON, R. A.; CULL, B W.. Effects of site, climate, cultivar, flushing, and soil and leaf nutrient status on yields of macadâmia in South East Queensland. **Scientia Horticulturae**, v.30, p. 227-235, 1986.

- STEPHENSON, R. A. ; GALLAGHER, E. C. Effects of temperature, tree water status and relative humidity on premature nut drop from macadamia. **Scientia Horticulturae**, v. 33, p. 113-121, 1987.
- STEPHENSON, R. A.; GALLAGHER, E. C. Phenological cycling of macadamias and its influence on yield and quality of nuts, **Acta Horticulturae**, v. 275, p. 139-45, 1990.
- STRASNBURGER, F. ; NOLL, H. ; SCHENCK, A. F. et al. **Tratado de botânica**. Barcelona: Omega, 1988. cap. 3, p. 540-911: Evolucion y systematic.
- TOIT, A. P. Pollination research; a missing link in subtropical fruit production. **Acta Horticulturae**, v. 275, p. 239-243, 1990.
- TOMBOLATO, A. F. C. ; OJIMA, M. ; CAMPO DALL'ORTO, F. A . BARBOSA, W. Melhoramento da noqueira macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden e Betché) no IAC. Seleção preliminar para a obtenção de novas cultivares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7., Brasília, 1986. **Anais**. Brasília: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1986. v. 4, p. 429-435.
- TROCHOULIAS, T; LAHAV, E. The effect of temperature on growth and dry-matter production of macadamia. **Scientia Horticulturae**, v.19, p.167-176, 1983.
- TRUEMAN, S. J. ; TURNBULL, C. G. N. Effects of cross polination and flower removal on fruit set in macadamia. **Annals of Botany**, v. 73, p. 23-32, 1994.
- URATA, U. **Pollination requirements**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station, 1954. 40p. (Technical Bulletin, 2).
- VANDERPLANK, F.L. Studies on the coconut pest, *Pseudoteraptus wayi* Brown (Coreidae), In Zamzibar. I. A method of assessing the damage caused by the insect. **Bulletin of Entomological Research**, v.49, p.559-584, 1958.
- VIEGA, A. A; OJIMA, M.; REGITANO, O. Estudos em uma população de noqueira-macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden et Betché). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., Salvador, 1977. **Anais**. Cruz das Almas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1978. p. 199-204.

- VIEGA, A. A. ; OJIMA, M; REGITANO,O. Novas seleções IAC de noqueira-macadâmia (*Macadâmia integrifolia* Maiden et Betch). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6.,Recife, 1981. **Anais**. Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v.3, p. 908-914.
- VISSCHER, P. K; SEELEY, T.D. Forragin strategy of honey bee colonies in temperature deciduous forest. **Ecology**, v.63, n.6, p.1790-1801, 1982.
- VITHANAGE, H. I. M. V. Insect pollination of avocado and macadamia. **Acta Horticulturae**, v. 175, p. 96-100, 1986.
- VITHANAGE, V. ; DOUGLAS, T. J. Honeybee pollination of macadamia: floral rewards and their effect on pollen flow. **Journal of Apicultural Research**, v. 26, n. 4, p. 261-269,1987.
- VITHANAGE, V. ; IRONside, D. A. The insects pollinators of macadamia and their relative importance. **The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, v. 52, n. 3, p. 155-160, 1986.
- WALLACE, H.M.; VITHANAGE, V.; EXLEY, E.M. The effect of supplementary pollination on nut set of macadamia (Proteaceae). **Annals of Botany**, v.78, p.765-773,1996.
- WESTWOOD, M. N. **Fruticultura de zonas templadas**. Madrid: Mundi-Prensa, 1982. cap. 8, p. 203-214: Polinización y cuajado de frutos.