

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA - PDIZ**

FÁBIA DE MELLO PEREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE RAÇÃO PROTÉICA PARA ABELHAS
Apis mellifera UTILIZANDO PRODUTOS REGIONAIS DO
NORDESTE BRASILEIRO**

FORTALEZA - CEARÁ

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FÁBIA DE MELLO PEREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE RAÇÃO PROTÉICA PARA ABELHAS
Apis mellifera UTILIZANDO PRODUTOS REGIONAIS DO
NORDESTE BRASILEIRO**

FORTALEZA – CEARÁ

2005

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Meio-Norte

P436d Pereira, Fábria de Mello, 1969-
Desenvolvimento de ração protéica para abelhas
Apis mellifera utilizando produtos regionais do Nordeste
brasileiro / Fábria de Mello Pereira. –
Fortaleza : UFC, 2005.
180 f. : il.

Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade
Federal do Ceará, 2005.

1. Abelha – Ração – Desenvolvimento.
2. Abelha – Raça – Digestibilidade. 3. Abelha -
Colônia – Desenvolvimento. I. Universidade Federal do
Ceará (Fortaleza). II. Título.

CDD 638.1 (21. ed.)

FÁBIA DE MELLO PEREIRA

**DESENVOLVIMENTO DE RAÇÃO PROTÉICA PARA ABELHAS
Apis mellifera UTILIZANDO PRODUTOS REGIONAIS DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Tese submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, sub-programa do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ), do qual participam a Universidade Federal do Ceará, a Universidade Federal da Paraíba e a Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de *Doutor em Zootecnia*.

Área de Concentração Produção Animal

Orientador Prof. Breno Magalhães Freitas

FORTALEZA – CEARÁ

2005

Esta tese foi submetida, como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Doutor em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta tese é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

FÁBIA DE MELLO PEREIRA

Tese aprovada em Fortaleza, Ceará em 22 de fevereiro de 2005.

Breno Magalhães Freitas, Ph D.
ORIENTADOR

Darcet Costa Souza, Dr.
CONSELHEIRO

Gastão Barreto Espíndola, D. Sc.
CONSELHEIRO

Márcia de Fátima Ribeiro, Dra.
CONSELHEIRA

Maria de Fátima Freire Fuentes, Ph D.
CONSELHEIRA

A DEUS por todas as minhas
realizações

CONSAGRO

À minha filha Carolina, aos meus
pais e aos meus irmãos por tudo o
que sou e consegui...

DEDICO

Ao amigo José Maria Vieira Neto pela
valiosa ajuda e disposição

OFEREÇO

A João Alves Almeida por todos os
momentos

AGRADEÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS...

Ao departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado em Zootecnia.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária Meio-Norte – Embrapa Meio-Norte, pela contribuição na instalação dos experimentos e colaboração para o término do curso.

Ao professor Breno Magalhães Freitas, pela orientação, formação acadêmica, dedicação, compreensão, paciência, conselhos, preciosa ajuda e amizade.

Aos pesquisadores da Embrapa Meio-Norte Maria Pinheiro Fernandes Corrêa, Hoston Tomás Santos do Nascimento e João Erivaldo Saraiva Serpa, colegas de trabalho que muito contribuíram para as conclusões dos créditos e início das coletas de dados desta pesquisa enquanto exerciam cargo de chefia na referida instituição.

Ao Chefe Geral da Embrapa Meio-Norte Dr. Valdemício Ferreira de Sousa e ao Chefe de Pesquisa & Desenvolvimento Dr. Aderson Soares de Andrade Junior pelo apoio e compreensão sem os quais não seria possível concluir este trabalho.

A João Alves Almeida, por suas idéias e atitudes, que colaboraram para que eu me mantivesse firme no meu propósito e me dedicasse com afinco nesta etapa da minha vida.

Aos pesquisadores Maria Teresa do Rego Lopes e Ricardo Costa Rodrigues de Camargo principalmente pela amizade, mas também pela ajuda preciosa na condução dos experimentos e sugestões apresentadas.

Aos amigos José Maria Vieira Neto, Joseth Gláucia do Rego Siqueira, Estevam da Silva Neto, Renato Santos Rocha, Andro Magalhães Paes Landim da Rocha e Alessandra Barbosa de Lima pelos agradáveis momentos no decorrer do período de coleta de dados, pelo auxílio valioso na condução dos experimentos e sugestões apresentadas.

Às amigas Adriana Lago Mello e Janina Carvalho Gonçalves pela torcida, sugestões, apoio e parceria no projeto.

Ao amigo Edson Alves Basto pela preocupação, sugestões e auxílio.

A José Ivo Souza-Cruz Junior pela amizade, ajuda e apoio.

Às amigas Ana Macrina Lopes Praxedes Paixão e Glícia Maria de Almeida que contribuíram direta ou indiretamente para a realização dos experimentos.

Ao pesquisador Carlos Antônio Ferreira de Sousa pela realização das análises de laboratório e interpretação dos dados, ajuda imprescindível para a efetivação deste trabalho.

Aos colegas João da Cruz Sousa Barros e Antônio Carlos dos Santos pelo apoio, informações prestadas e realização de análises laboratoriais.

Ao colega Valdenir Queiroz Ribeiro pelas sugestões, dedicação e realização das análises estatísticas.

A Ozires Barbosa de Sousa pela disposição em ajudar nas horas necessárias.

A Edmar Rodrigues Machado e Francisco Teles da Luz pela ajuda na coleta de dados no campo.

Ao colega de trabalho Perinto Luiz Pimentel Calafange pelas sugestões, conselhos, ajuda e disposição.

Aos professores da USP David de Jong e Zilá Luz Paulino Simões, que sempre se apresentaram disponíveis quando consultados.

Aos parceiros da FAPEPI Francisca Maria de A. França, Renato Moura de Moraes, Luis Alves de Pinho e Glória Regina Lúcia de Sousa pela colaboração na execução financeira do projeto.

Aos também parceiros da FINEP Felipe Fortes Carvalho e Silva, Álvaro José de Carvalho e Aline Cavalcante Pereira Nunes que sempre se mostraram solícitos quando requeridos.

Ao apicultor e parceiro do projeto Antônio Leopoldino Dantas Filho que sempre colaborou com o desenvolvimento da apicultura no Piauí.

À Carlla Vivianny de Paula Braga pela amizade, paciência, ajuda e dedicação.

Aos colegas de apicultura Darci de Oliveira Cruz, Eva Mônica Sarmiento, Raimundo Maciel Sousa, José Hugo de Oliveira Filho, Roberto Henrique Dias da Silva e José Everton Alves, por ajudarem a fazer os momentos de trabalho mais prazerosos.

Às instituições UFC, Embrapa, FAPEPI, FEAPI e Campil, pelo apoio técnico e financeiro, sem os quais não seria possível realizar esse trabalho.

À FINEP e ao CNPq pelo apoio financeiro e bolsas concedidas para a realização do projeto de pesquisa e do curso de doutorado.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	v
ÍNDICE.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
<i>2.1. Alimentos das abelhas.....</i>	<i>4</i>
2.1.1. Néctar e mel.....	4
2.1.2. Pólen e pólen apícola.....	9
2.1.3. Alimento larval.....	12
2.1.4. Água.....	15
<i>2.2. Alimentação das abelhas.....</i>	<i>16</i>
2.2.1. Alimentação das larvas.....	16
2.2.2. Alimentação dos adultos.....	18
<i>2.3. Aparelho digestivo.....</i>	<i>19</i>
2.3.1. Aparelho digestivo das crias.....	20
2.3.2. Aparelho digestivo das abelhas adultas.....	21
<i>2.4. Digestão e absorção dos alimentos.....</i>	<i>25</i>
<i>2.5. Nutrientes e nutrição.....</i>	<i>29</i>
2.5.1. Proteínas e aminoácidos.....	30
2.5.2. Carboidratos.....	35
2.5.3. Lipídeos.....	38
2.5.4. Vitaminas e sais minerais.....	40
<i>2.6. Alimentação suplementar.....</i>	<i>43</i>

2.6.1. Alimentos energéticos.....	45
2.6.2. Alimentos protéicos.....	48
2.6.3. Alimentadores.....	51
2.6.4. Alimentação suplementar no Nordeste.....	52
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	54
3.1. <i>Seleção e processamento dos componentes da ração.....</i>	54
3.1.1. Preparo do feno.....	55
3.1.2. Preparo das farinhas.....	55
3.1.3. Preparo do farelo de babaçu e utilização do sucedâneo do leite.....	55
3.2. <i>Análise dos componentes.....</i>	56
3.2.1. Toxicidade.....	56
3.2.2. Análises de proteína bruta.....	59
3.2.3. Teores de proteína verdadeira, aminoácido e açúcar.....	60
3.3. <i>Preparo das rações.....</i>	64
3.4. <i>Efeito do alimento no campo.....</i>	65
3.4.1. Preparo das colônias.....	65
3.4.2. Fornecimento de alimento para as colônias.....	66
3.4.3. Avaliação do desempenho das rações nas colônias.....	66
3.5. <i>Digestibilidade.....</i>	69
3.6. <i>Análise estatística.....</i>	72
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4.1. <i>Toxicidade dos alimentos.....</i>	74
4.2. <i>Composição dos alimentos.....</i>	83
4.2.1. Formulação das rações.....	91
4.3. <i>Consumo do alimento.....</i>	95
4.4. <i>Desenvolvimento das colônias.....</i>	99
4.4.1. Peso.....	99
4.4.2. Mapeamento.....	105
4.5. <i>Digestibilidade.....</i>	134

5. CONCLUSÕES.....	145
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	146

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de variância, médias e desvio padrão do índice de mortalidade (IM) e tempo médio de mortalidade (TMM) observados nos alimentos testados de 15 a 30 de janeiro de 2003 (E01) e de 07 de julho a 06 de agosto de 2003 (E02) em Teresina, PI..... 74

Tabela 2: Análise dos contrastes ortogonais e de interesse do índice de mortalidade (IM) e tempo médio de mortalidade (TMM) observados nos alimentos testados de 15 a 30 de janeiro de 2003 (E01) e de 07 de julho a 06 de agosto de 2003 (E02) em Teresina, PI..... 75

Tabela 3: Teores de aminoácidos livres totais, aminoácidos protéicos totais, proteína, proteína bruta e açúcares solúveis totais encontrados nos alimentos testados..... 83

Tabela 4: Proporção (mol %) dos aminoácidos protéicos livres encontrados nos alimentos analisados..... 87

Tabela 5: Comparações entre os teores de aminoácidos (AA) protéicos (%) existentes nos alimentos com o requerimento exigido pelas abelhas e valor biológico (VB) da proteína (%) dos alimentos calculado para *Apis mellifera*.89

Tabela 6: Teores de aminoácidos livres ($\mu\text{g/g}$) na mistura seca das rações formuladas e no pólen utilizado para alimentação das colméias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 200493

Tabela 7: Necessidade de aminoácido essenciais das abelhas e teores de aminoácidos essenciais (g/100g de proteína) na matéria seca das rações formuladas e fornecidas às colônias de *Apis mellifera* no ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004..... 94

Tabela 8: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) do consumo do alimento em dezembro, janeiro e fevereiro e do consumo total (g) das colônias de *Apis mellifera* referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....96

Tabela 9: Resultados para estatística T e seus níveis de significância (α) para peso, área de mel, pólen, cria de operária aberta (opa) e fechada (opf) e cria total referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....100

Tabela 10: Postos médios, médias e desvios-padrões mensais do peso (kg) das colônias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....104

Tabela 11: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de mel das colônias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....108

Tabela 12: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de pólen das colônias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....115

Tabela 13: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de cria de operária aberta referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....118

Tabela 14: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de cria de operária fechada referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....120

Tabela 15: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de cria de operária total ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....126

Tabela 16: Médias e desvios-padrões das áreas (cm²) de cria de zangão aberta, fechada e total referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.....129

Tabela 17: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual do alimento (ração + xarope + água) ingerido (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI..... 134

Tabela 18: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual da ração ingerida (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.....135

Tabela 19: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual do xarope invertido ingerido (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.....137

Tabela 20: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual da água ingerida (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.....138

Tabela 21: Médias, desvios-padrões e postos médios da digestibilidade (%) das abelhas confinadas em Teresina, PI..... 139

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1: Gaiolas de confinamento usadas no teste de toxicidade realizado entre 15 e 30 de janeiro de 2003 (etapa 01) e 07 de julho e 06 de agosto de 2003 (etapa 02) em Teresina, PI..... 57**
- Figura 2: Esquema da metodologia utilizada para extração dos aminoácidos, açúcares solúveis totais e proteína..... 61**
- Figura 3: Perfis de eluição de derivados OPA-aminoácidos do padrão Sigma AAS-18, enriquecido com Asn, Gln e Gaba, em coluna cromatográfica Spherisorb ODS-2 (4,6 mm X 250 mm) por HPLC. Taxa de fluxo - 0,8 ml/min; λ exc. -250 nm; λ em. - 480 nm; tampão A - Na₂HPO₄ 50 mM pH 7,25; tampão B - metanol 65%; gradiente - 20 a 100% de B em 61 min..... 63**
- Figura 4: Paisagem das colméias realizada em balança Filizola no município Castelo do Piauí, PI, entre 03 de novembro de 2003 e 18 de fevereiro de 2004..... 68**
- Figura 5: Quadro de madeira utilizado para realizar os mapeamentos das colméias de Castelo do Piauí, PI, entre 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004..... 69**
- Figura 6: Detalhe do fornecimento dos alimentos no teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI, entre 01 de novembro de 2004 a 14 de janeiro de 2005. (a) detalhe da adaptação do conta-gotas para o fornecimento de água e xarope. (b) fornecimento da ração em bandeja metálica..... 70**
- Figura 7: Detalhe da retirada do trato digestivo e das fezes contidas no proctodeu das abelhas *Apis mellifera* submetidas ao teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI, entre 01 de novembro de 2004 a 14 de janeiro de 2005.... 72**

Figura 8: Curvas de sobrevivência das abelhas submetidas a diversos alimentos entre 15 e 30 de janeiro de 2003 em Teresina, PI..... 76

Figura 9: Detalhe das abelhas mortas no teste de toxicidade realizado entre 15 e 30 de janeiro de 2003 em Teresina, PI. (A) abelhas alimentadas com farinha de bordão-de-velho e (B) abelhas alimentadas feno de leucena..... 77

Figura 10: Curvas de sobrevivência das abelhas submetidas a diversos alimentos entre 07 de julho a 06 de agosto de 2003 em Teresina, PI 80

Figura 11: Desenvolvimento geral do peso das colméias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004.... 102

Figura 12: Desenvolvimento do peso das colméias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes. 103

Figura 13: Desenvolvimento geral das áreas de alimento e cria de operária das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004..... 106

Figura 14: Desenvolvimento da área de mel das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes..... 110

Figura 15: Desenvolvimento da área de pólen das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes..... 113

Figura 16: Desenvolvimento da área de cria aberta de operária das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes 116

Figura 17: Desenvolvimento da área de cria de operária fechada das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes..... 121

Figura 18: Desenvolvimento da área de cria total de operária (fechada + aberta) das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes..... 124

Figura 19: Desenvolvimento da área de cria total (operária + zangão) das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes..... 127

Figura 20: Desenvolvimento geral da área de cria de zangão das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004..... 131

Figura 21: Desenvolvimento da área de cria de zangão das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes..... 133

Figura 22: Detalhe do conteúdo do proctodéu analisado nos testes de digestibilidade realizados entre 01 e novembro de 2004 e 14 de janeiro de 2005, onde: 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04)..... 141

DESENVOLVIMENTO DE RAÇÕES PROTÉICAS PARA ABELHAS
***Apis mellifera* UTILIZANDO PRODUTOS REGIONAIS DO NORDESTE**
BRASILEIRO

RESUMO – A pesquisa foi realizada com o objetivo de desenvolver uma ração para abelhas *Apis mellifera* usando produtos regionais do Nordeste de fácil acesso e baixo custo para o produtor. Os experimentos foram conduzidos entre março de 2001 e janeiro de 2005 no Núcleo de Pesquisa com Abelhas (NUPA) da Embrapa Meio-Norte com sede em Teresina (5°05' S de latitude e 42°49' W de longitude) e nos apiários experimentais em Castelo do Piauí (5°20' S de latitude e 41°34' W de longitude). Levando-se em consideração os alimentos fornecidos às abelhas pelos apicultores, a facilidade dos mesmos serem colhidos, produzidos ou encontrados comercialmente na região e a preferência natural das abelhas, medida por observações empíricas, iniciou-se o trabalho com feno das folhas de mandioca (*Manihot esculenta*); feno das folhas de leucena (*Leucaena leucocephala*); farinha de vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*); farinha de vagem de bordão-de-velho (*Pithecellobium cf. saman*); farelo de babaçu (*Orbygnia martiana*) e sucedâneo do leite para bezerros da marca Purina®. O desempenho das abelhas alimentadas com estes componentes foi comparado com o desempenho das abelhas alimentadas com pólen adquirido da COORPEPÓLEN, Cooperativa de Pólen do Brasil, localizada na cidade de Canavieiras, Bahia, havendo predominância do pólen de *Palmae*. Inicialmente os componentes selecionados foram testados quanto à toxicidade e analisados quanto aos teores de proteína bruta, açúcares livres totais, aminoácidos totais e teores de glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, treonina, serina, metionina, asparagina, glutamina, aspartato, glutamato, lisina, arginina, histidina, asparagina e γ -aminobutirato. Os resultados demonstram que o alto teor de açúcares contido na farinha de bordão-de-velho não permite que a mesma seja fornecida às abelhas na forma *in natura*, uma vez que houve uma mortalidade precoce das abelhas alimentadas com esta farinha. Os demais alimentos não se mostraram tóxicos, porém, somente o feno da leucena contém os teores de aminoácidos essenciais requeridos pelas abelhas *Apis mellifera*. Com base nos dados obtidos foram formuladas as seguintes composições de rações: (T01) - 260 g de feno de mandioca, 140 g de farinha de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha; (T02) - 68 g de feno de mandioca, 332 g de farelo de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha; (T03) - 304 g de farelo babaçu, 96 g de sucedâneo do leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha e (T04) – 500 g de pólen apícola e 254,79 g de xarope. As rações foram testadas quanto ao consumo, desenvolvimento das colônias e digestibilidade. Os resultados demonstraram que apesar de nenhuma das três rações ser tão palatável e nem tão eficiente quanto o pólen na manutenção das crias, contribuíram para que as colônias ao final do experimento estivessem em condições melhores do que as iniciais, com maior área de alimento e maior peso. Os resultados do teste de digestibilidade demonstraram que os alimentos fornecidos tiveram altos índices de digestibilidade, o que pode ser atribuído ao alto consumo de xarope invertido e de água. Com os resultados obtidos pode-se recomendar as rações formuladas a apicultores como suplementação alimentar para manutenção dos enxames fortes, entretanto, em situações em que as rações passam a ser a única fonte protéica fornecida às abelhas seria necessária a busca de novas alternativas.

Palavras-chaves: *Apis mellifera*, ração protéica, desenvolvimento de colônias, consumo, digestibilidade.

DEVELOPMENT OF PROTEIN DIETS FOR HONEYBEES *Apis mellifera* USING REGIONAL PRODUCTS OF NE BRAZIL

SUMMARY - The objective of this research was to develop a protein diet for honeybees *Apis mellifera* using regional products of NE Brazil that are of easy access and reduced costs for beekeepers. Experiments were carried out between March 2001 and January 2005 in the “Núcleo de Pesquisa com Abelhas” (NUPA) of the Embrapa Meio-Norte in Teresina (5°05' S and 42°49' W) and in Castelo do Piauí (5°20' S and 41°34' W), Piauí, Brazil. Products selected at the beginning of the research were cassava hay (*Manihot esculenta*), leucaena hay (*Leucaena leucocephala*), mesquite pod meal (*Prosopis juliflora*), “bordão-de-velho” pod meal (*Pithecellobium* cf. *saman*), babassu bran (*Orbygnia martiana*) and succedaneums for calfskin from Purina®. The performance of honeybees that consumed these components was compared with those that consumed pollen obtained from COORPEPÓLEN, Cooperativa de Pólen do Brasil, located in Canavieiras, Bahia, Brazil. Pollen fed to bees was predominantly *Palmae* pollen. Initial components selected were tested about toxic effects for honeybees; contents of crude protein, total soluble sugars, free amino acids, and contents of glycine, alanine, valine, leucine, isoleucine, phenylalanine, tyrosine, serine, methionine, asparagines, glutamine, aspartic acid, glutamic acid, lysine, arginine, histidine, asparagines and γ -aminobutyric acid. Results showed that the high content of sugars in the flour of “bordão-de-velho” does not allow its use for feeding honeybees, considering that it was observed an early mortality in the honeybees feeding with this meal. The other substances studied did not show any toxic effect, but only the leucaena hay have the contents of essential amino acids demanded by the honeybees. These results permitted the formulation of four diets: (T01) - 260 g of cassava hay, 140 g of mesquite pod meal, 437,39 g of sugar syrup and 0,96 g of vanilla essence; (T02) - 68 g of cassava hay, 332 g of babassu bran, 643,90 g of sugar syrup and 1,32 g of vanilla essence; (T03) - 304 g of babassu bran, 96 g of succedaneums for calfskin, 507,73 g of sugar syrup and 1,08 g of vanilla essence and (T04) - 500 g of pollen and 254,79 of sugar syrup. The feeds were tested for consumption, colony development and digestibility. Results showed that the three diets formulation did not show the same consumption and brood maintenance that pollen. However, by the end of the experiment all colonies were in better conditions than in the beginning, with higher food area and colony weight. The higher digestibility observed in the tests of digestibility could be attribute to the high consumption of sugar syrup and water. Results give evidence that all diets were efficient in maintaining the colonies strong and can be used by the beekeepers to maintain colony strength over the leanest period of the year. However, when the diet was the single source of protein, it was necessary to search for other alternative.

Index terms: *Apis mellifera*, protein diets, development of colonies, consumption, digestibility.

1. INTRODUÇÃO

A apicultura é uma atividade crescente no Nordeste do Brasil, por ser capaz de aproveitar a mão-de-obra familiar, gerar renda e fixar o homem no campo, aproveitando o potencial da vegetação do semi-árido, a Caatinga. Apesar de caracterizar-se por ser praticada por pequenos apicultores, ligados à agricultura familiar que não vêem a atividade como uma ocupação principal, mas somente como um complemento da renda, estima-se que em 2005 essa região tenha 40.000 apicultores com uma produção de 220.000 toneladas/ano (COMÉRCIO EXTERIOR INFORME BB, 2001). Só no Piauí estima-se existir 200 associações e cooperativas trabalhando com apicultura e 18.000 famílias envolvidas direta ou indiretamente na atividade (VILELA et al., 2000; COMÉRCIO EXTERIOR INFORME BB, 2001).

Nos três últimos anos, devido aos problemas de comercialização do mel enfrentados pela China e Argentina, países que, juntos, são responsáveis por 26,59% e 84,17% da produção e exportação de mel mundial, respectivamente, houve uma abertura no mercado externo para o produto brasileiro. Em 2002 o Brasil exportou quatro vezes mais que a exportação acumulada nos seis anos anteriores (FAO, 2003; ALICE, 2003). Com o início da exportação houve um aumento na demanda do produto e como consequência no preço pago ao apicultor.

Atualmente esse produto assume um papel de relativa importância na balança comercial de alguns países. A produção mundial de mel em 2003 foi estimada em aproximadamente 1.311.014.000 t e a comercialização desse produto em 2002 movimentou um montante de US\$ 696.421.000,00 (FAO, 2004). A capacidade de ampliação desse mercado, contudo, ainda é grande, uma vez que o consumo *per capita* do mel é baixo, 0,2 kg/pessoa/ano, principalmente quando comparado ao seu similar, o açúcar refinado, 19,0 kg/pessoa/ano (FAO, 2004). A ampliação do consumo *per capita* tem sido a meta de vários profissionais ligados à saúde humana, governos, comerciantes e produtores.

Esses fatores estimularam a atividade, havendo grande interesse dos apicultores em aumentar a produção, ampliando o número de colméias e procurando maximizar a atividade. Como as abelhas alimentam-se basicamente de néctar e pólen das flores, para expressar seu potencial produtivo os enxames dependem da florada, sendo assim, o fundamento da exploração apícola é baseado na vegetação existente em uma localidade.

Porém, para o desenvolvimento dos enxames e a manutenção de uma atividade produtiva e rentável, é necessário uma quantidade de flora que seja capaz de fornecer néctar e pólen em abundância durante todo o ano. Apesar da diversidade da flora apícola no semi-árido e da alta concentração de alimento no período chuvoso, anualmente vários apicultores perdem suas colônias, que abandonam os apiários em busca de novos pastos no período de escassez de alimento no campo. Desta forma, a produção de mel da safra seguinte fica comprometida, na dependência de uma nova coleta de enxames, que primeiramente necessitará se fortalecer e desenvolver, para depois iniciar a armazenagem do mel.

Além da necessidade de alimento no período de escassez, em algumas ocasiões especiais é necessário fornecer uma alimentação durante o período de florada. Segundo relato de apicultores, na região do Crato, Ceará, no período de florado do cipó-uva (*Serjania* sp.) é necessário fornecer alimento protéico às colônias, pois o teor de pólen produzido na região nesta época não é suficiente para manutenção das crias. Durante esta florada, se não houver fornecimento do alimento protéico, apesar da abundância de néctar, não há produção de mel devido ao enfraquecimento das famílias.

A alimentação das colônias também se faz necessária durante o período de floração de plantas tóxicas para as abelhas, com o objetivo de desviá-las dessa fonte de alimento; em serviços de polinização de algumas culturas; para produção de rainhas, entre outras atividades apícolas.

Apesar de se fazer necessária, a proporção de apicultores que não alimentam suas colônias no período crítico é de 45% no Piauí (PEREIRA et al., 2000), 63,1% no Rio Grande do Norte (PEREIRA, 2002) e 49,2% em Alagoas (PEREIRA & VILELA, 2003). Vários apicultores observam enfraquecimento dos enxames e abandono das colméias por não usarem este procedimento, sendo que o desconhecimento das técnicas de alimentação; do tipo de alimento que pode ser fornecido às colônias e a indisponibilidade de recursos financeiros são as principais causas apontadas pelos produtores para esta omissão (MELLO & PEREIRA, 2004). Além destes fatores, a falta de pesquisas buscando alternativas regionais contribui para a realidade descrita.

Nas condições adversas de clima e florada, os apicultores buscam informações com técnicos e pesquisadores sobre opções de alimentos artificiais para minimizar o problema quando necessário. Contudo, como já foi citado anteriormente a descapitalização dos apicultores, que em geral não possuem recursos para adquirir rações comerciais ou outros tipos de alimentos, é um empecilho para a atividade. Faz-se

necessário, assim, o desenvolvimento de uma ração formulada com ingredientes regionais de fácil aquisição ou produção para estes apicultores.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ração para manutenção das colônias de *Apis mellifera* nos períodos de baixa disponibilidade de pólen que atendesse as necessidades nutricionais das abelhas e fosse formulada utilizando-se ingredientes regionais do Nordeste, de fácil acesso e baixo custo para o produtor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

As abelhas *Apis mellifera* são insetos sociais da ordem dos Hymenoptera que passam por um período de metamorfose completa, durante a qual modificam seu hábito alimentar, e por isso são classificadas como insetos holometabólicos. (TERRA, 1986).

A capacidade produtiva e reprodutiva destes insetos está relacionada com a eficiência nutricional (COUTO, 1998). Embora o fornecimento de alimento energético estimule a produção de cria, o pólen limita este crescimento e seu efeito nutricional afeta a capacidade da colônia em cuidar das crias mais novas (SINGH & SINGH, 1996; CREMONEZ, 2001).

2.1. Alimentos das abelhas

Nas abelhas *Apis mellifera* as larvas de operárias e zangões até três dias de idade e as larvas de rainhas, por todo o período de desenvolvimento e crescimento, são alimentadas com uma secreção glandular fornecida por operárias com 5 a 15 dias de idade. Essa secreção é geralmente denominada de geléia real, contudo, sua composição varia conforme a casta e a idade das larvas. Assim, a secreção glandular pode ser denominada de geléia de operária e geléia de zangão, quando fornecida para as larvas de operárias e zangões, respectivamente. Após o terceiro dia de idade as larvas de operárias e zangões passam a receber uma mistura da secreção glandular, mel e pólen (HAYDAK, 1970).

Quanto aos adultos, seu hábito alimentar está relacionado com sua idade, função que exerce na colônia e maturação sexual (CRAILSHEIM et al., 1992; PANZENBOCK & CRAILSHEIM, 1997). Dotadas de um aparelho bucal lambedor as maiores fontes de alimento das operárias e zangões são o néctar, que será transformado em mel, e o pólen. Esses alimentos possuem uma variação nutritiva muito grande, de acordo com a espécie botânica de onde são obtidos (GALLO et al. 1988; ZUCOLOTO, 1994). As rainhas são alimentadas pelas abelhas nutrizas com a geléia real, contudo, em épocas de falta de alimento elas podem consumir mel (HAYDAK, 1970).

2.1.1. Néctar e mel

Derivado da solução do floema, o néctar é identificado como um líquido secretado pelas flores rico em sacarose, frutose e glicose (LENGLER, 2000; BARRERA

& NOBEL, 2004). Embora possa ser secretado a qualquer hora do dia ou da noite, em geral, a liberação do néctar ocorre assim que a flor se abre, sendo o horário relativamente uniforme dentro de uma população. A taxa de secreção e a composição do néctar variam de acordo com a espécie vegetal (ROUBIK, 1989).

A quantidade de néctar requerido por uma colônia depende da quantidade de cria e da concentração de açúcar no mesmo, que varia de 3 a 87%, de acordo com sua origem botânica e as condições ambientais da região (DIETZ, 1975; SHUEL, 1975; CRANE, 1987). Além de açúcar, o néctar contém: compostos nitrogenados, minerais, ácidos orgânicos, pigmentos, substâncias aromáticas e vitaminas. Embora o conteúdo das vitaminas seja baixo, é possível encontrar tiamina, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, ácido pantotênico, ácido fólico, biotina, meso-inositol e vitamina C (CRANE, 1987).

Em estudos sobre composição do néctar realizados na Patagônia, Bernardello et al. (1999) observaram a presença de aminoácidos no néctar de todas as espécies botânicas pesquisadas; 32% possuíam lipídeos; 32% possuíam fenóis e 68% eram ricos em hexoses, sendo a glicose predominante sobre a frutose em 71% das espécies que possuíam néctar rico em hexose.

Segundo Winston (1987) a composição de açúcares no néctar pode variar, sendo possível encontrar: (i) predominância ou totalidade de sacarose; (ii) proporções iguais da sacarose, glicose e frutose e (iii) predominância de glicose e/ou frutose.

A prontidão com que as abelhas coletam néctar em uma espécie vegetal depende da concentração de açúcar e do acesso ao nectário (CRANE, 1987). A atratividade da fonte de alimento depende, também, da concentração e abundância de flores, quantidade de insetos competidores presentes na área, atratividade das floradas competidoras, distância entre a fonte de alimento e a colônia, necessidade de alimento e preferência nata da colônia (FREE, 1980). O tempo que as abelhas permanecem na fonte de alimento está relacionado com a quantidade de alimento fornecido, mas não se relaciona com a concentração de sacarose no mesmo (WAINSELBOIM & FARINA, 2000).

Para completar sua capacidade de carga, em torno de 25 a 40 μ g de néctar, as abelhas necessitam visitar entre uma a 500 flores por viagem, mas esse número pode chegar a 1000. Uma coletora de néctar pode realizar até 150 viagens por dia com duração de até 150 minutos, mas em geral são realizadas 10 a 15 viagens por coletora com 30 a 80 minutos de duração (WINSTON, 1987). Segundo Crane (1987) o número médio de viagens realizadas por operárias é 13,5 durante períodos de grande fluxo de

alimento e sete durante períodos de pouco fluxo, sendo que o máximo de coletas observadas é de 24 e 17, respectivamente.

Em geral as operárias visitam a mesma região no mesmo horário por vários dias consecutivos, enquanto o alimento estiver disponível. Como as espécies botânicas possuem horários distintos para liberação do néctar, as abelhas campeiras podem aprender e memorizar esses horários, visitando diferentes localidades ao longo do dia (WINSTON, 1987).

O comportamento da abelha na fonte de alimento varia conforme a flor visitada. Ao chegar à flor, as operárias introduzem sua língua ou glossa na região onde o néctar é acumulado, sugando-o para o estômago de mel. Ao completar sua carga a abelha retorna à colméia. Durante o trajeto são adicionadas ao néctar enzimas provenientes da glândula hipofaríngea, principalmente, invertase, diastase e glicose-oxidase. Essas enzimas convertem os açúcares compostos em açúcares simples, de fácil digestão, e protegem o mel de ataques de microorganismos (CRANE, 1987; WINSTON, 1987).

Na colméia, a abelha campeira entrega o néctar para abelhas mais novas que se encarregam de desidratá-lo e armazená-lo. A abelha campeira poderá retornar ao campo, parar para descansar ou recrutar outras operárias para a coleta do alimento (CRANE, 1987; WINSTON, 1987). Se houver facilidade em encontrar uma abelha receptora, a coletora se sente estimulada a retornar ao campo rapidamente, contudo em períodos de intenso fluxo nectário, quando as receptoras estão sobrecarregadas de trabalho, a abelha coletora encontra dificuldade em transferir o néctar e retornar ao campo, o que pode reduzir a atividade de coleta do alimento da colônia (CRANE, 1987).

Para o recrutamento, as abelhas realizam danças indicando a localização da fonte de alimento e fornecem pequenas gotas do alimento para as operárias que observam a dança. Durante a transferência do alimento as antenas da abelha doadora e receptora estão em constante movimento e continuamente entrando em contato uma com a outra, provavelmente trocando algum tipo de informação (FREE, 1980). Quando a abelha coletora oferece o néctar à abelha receptora ocorre a transferência de informações sobre o alimento coletado (odor, sabor, concentração de açúcar). As abelhas percebem o valor do néctar e mudam o comportamento de forragem de acordo com esse valor (WAINSELBOIM & FARINA, 2000; PANKIW & RININK, 2002). Quanto maior o valor calórico do alimento, mais insistente será a abelha que realiza o recrutamento, contudo, o aproveitamento do fluxo de néctar é limitado pela anatomia das abelhas, que

só são capazes de recolher entre 0,6 e 1,8 $\mu\text{l/s}$ (FREE, 1980; WAINSELBOIM & FARINA, 2000).

A taxa de transferência do alimento no interior da colméia não está relacionada com a concentração de sacarose do néctar, porém é afetada pelas condições ambientais, necessidades nutricionais, características genéticas e fluxo de alimento (WAINSELBOIM & FARINA, 2000).

Quando a abelha coletora transfere o néctar à receptora, o mesmo está diluído na saliva que contém secreções glandulares que auxiliam na transformação do néctar em mel. A invertase e a diastase quebram a sacarose e o amido, respectivamente. Invertendo sacarose em glicose e frutose, as abelhas aumentam a solubilidade do alimento e produzem uma solução mais concentrada de açúcares, pois a solubilidade da glicose a 30°C (temperatura média no interior da colméia) é maior do que a solubilidade da sacarose. Isto permite que o suprimento de alimento estocado seja resistente à deterioração por fermentação e represente um pacote de alta energia, ocupando um espaço mínimo. A função fisiológica para as abelhas da diastase ainda não está bem esclarecida, é provável que ela esteja envolvida na digestão do pólen (CRANE, 1987).

A glicose-oxidase, outra enzima adicionada ao néctar, reage com a glicose formando ácido glicônico e peróxido de hidrogênio. O peróxido de hidrogênio é capaz de proteger o mel parcialmente formado da decomposição bacteriana enquanto seu teor de água ainda estiver alto (CRANE, 1987).

A solução de néctar entregue às operárias receptoras será desidratada para completar sua transformação em mel. Durante esse processo as abelhas estendem e retraem sua língua, expondo ao ar gotículas do néctar por 5 a 10 segundos. Esse processo é repetido por cerca de 20 minutos, retirando 40 a 55% da água contida no néctar. Após esse procedimento o mel é estocado nas células para completar sua desidratação através da corrente de ar produzida por abelhas na entrada da colméia. O tempo total de maturação do mel pode variar de 3 a 21 dias (CRANE, 1987).

Quando coletado, o néctar possui de 5 a 75% de umidade. Após a desidratação o teor de umidade do mel de *Apis mellifera* cai para 20%, o que permite a conservação por mais tempo (NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 1996). O mel estocado possui cerca de 80% de açúcar e é rico em prolina e outros aminoácidos (ROUBIK, 1989).

Segundo o USDA (2004), a composição média do mel em 100 g de produto é 17,10 g de água; 0,30 g de proteínas; 0,20 g de cinzas; 0,20 g de fibras; 82,12 g de açúcares totais; 0,89 g de sacarose; 35,75 g de glicose; 40,94 g de frutose; 1,44 g de

maltose; 3,10 g de galactose; 6,00 mg de cálcio; 0,42 mg de ferro; 2,00 mg de magnésio; 4,00 mg de fósforo; 52,00 mg de potássio; 4,00 mg de sódio; 0,22 mg de zinco; 0,036 mg de cobre; 0,08 mg de manganês; 0,80 mg de selênio; 0,50 mg de Vitamina C; 0,038 mg de riboflavina; 0,121 mg de niacina; 0,68 mg de ácido pantotênico; 0,024 mg de vitamina B₆; 2,00 mcg de folato; 0,004 mg de triptofano; 0,004 g de treonina; 0,008 g de isoleucina; 0,10g de leucina; 0,008g de lisina; 0,001 g metionina; 0,003 g cistina; 0,011 g fenilalanina; 0,008 g tirosina; 0,009 g valina; 0,005 g arginina; 0,001 g histidina; 0,006 g alanina; 0,027 g ácido aspártico; 0,018 g ácido glutâmico; 0,09 g prolina e 0,006 g serina.

É possível encontrar, ainda, ácido fórmico, ácido benzóico, ácido butírico, ácido cítrico, ácido isovalínico, ácido láctico, ácido málico, ácido oxálico, ácido fenilacético, ácido propiônico, ácido piroglutânico, ácido succínico e ácido valérico (CRANE, 1987).

Segundo Rossi (1996, citado por LENGLER, 1999), em relação a todo alimento consumido, o mel apresenta uma importância de 45% para as colônias. Standifer et al. (1977) estimaram que a quantidade de mel exigido pela colônia anualmente é de 300 a 500 libras de mel (136,08 a 226,8 kg), contudo o requerimento anual do alimento depende das fontes florais, localização e tamanho da família (CRAILSHEIM et al., 1992).

2.1.1.1. Melato

As abelhas podem coletar outras substâncias adocicadas como: xaropes, sucos, refrigerantes, secreção da cana-de-açúcar e secreção de insetos (NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 1996).

Embora a seiva do floema seja inacessível para as abelhas, alguns insetos sugadores da ordem Hemiptera, subordem Homoptera, dotados de aparelho bucal picador-sugador conseguem perfurar a planta e sugar essa seiva, que passa para o trato digestivo por duas vias: (i) do intestino anterior para o médio, onde é digerido, e desse para o intestino posterior, onde é absorvido e (ii) do intestino anterior direto para o posterior, através de câmaras filtradoras, omitindo o intestino médio. Esse sistema duplo facilita a passagem do alimento e o excedente é deixado em pequenas gotas nas folhas e brotos das árvores, sendo coletados por diversos insetos, inclusive as abelhas, essa secreção é conhecida como melato ou honeydew (CRANE, 1987; ORTH & MARTINS, 2004).

O melato pode ser excretado por vários homópteros, principalmente os pertencentes às superfamílias *Cicadoidea*, *Psylloidea*, *Aphidoidea*, *Aleurodoidea* e *Coccoidea* (ORTH & MARTINS, 2004), diferindo da seiva do floema em sua composição por conter enzimas derivadas da secreção das glândulas salivares e do intestino do inseto. Os maiores constituintes são os carboidratos, 90 a 95%, incluindo alguns açúcares que não estão presentes na seiva do floema. A matéria seca contém entre 0,2 a 1% de nitrogênio, sendo que 70 a 90% são provenientes de aminoácidos e aminas. É possível encontrar também ácidos orgânicos, principalmente ácido cítrico, álcoois de açúcares e fosfatos de açúcares (CRANE, 1987).

Os açúcares de mel de melato parecem ainda mais complexos que aqueles de mel floral devido ao conjunto de enzimas dos insetos sugadores. Sabe-se que este mel contém levulose, dextrose e melezitose. A melezitose nunca foi isolada nas seivas das plantas, devendo ter sua origem nos insetos (ORTH & MARTINS, 2004). Com todas as diferenças na origem, é natural que o mel de melato também tenha características diferentes do mel floral (CRANE, 1987).

Segundo Orth & Martins (2004), a produção de melato na bragatinga (*Mimosa scabrella* Bentham) é de 53,2 microlitros/dia/cochonilha, com uma densidade de 900 plantas/ha e uma população média de *Tachardiella* sp. de 14.433 por árvore, pode-se obter uma produção de 103.950 litros de melato/ha em cinco meses, o que demonstra que em algumas regiões essa excreção pode ter valor produtivo.

2.1.2. Pólen e pólen apícola

Os grãos de pólen, gameta masculino da flor, são produzidos nas anteras, situadas no final extremo dos estames, órgão sexual masculino. Quando amadurecidos são liberados para fecundação do pistilo, órgão sexual feminino da flor. A liberação do pólen, ou deiscência, varia quanto à iniciação, ocorrência de pico e duração (CRANE, 1987; ROUBIK, 1989). Esses minúsculos grãos possuem forma, tamanho e cor específicos para cada espécie, sendo utilizados para identificação botânica e origem do mel (ALMEIDA-MURADIAN & PRESOTO, 2000). Estudos realizados na Europa demonstram que o valor protéico do pólen varia de 8 a 40%, sendo que o pólen de árvores frutíferas é mais rico em proteína que pólen de pinheiros - *Pinnus* sp (SANFORD, 1996). Sharma & Gupta (1996) observaram um valor protéico médio entre 13,5 e 18,5%.

O pólen contém, ainda, 23,3% de ácidos graxos; 39,4% de ácido linoleico; 38,2% de carboidratos; 31% de açúcares totais; 7,2% de celulose; enzimas como catalase, fosfatase, redutase e lactase; 50,00 mg de vitamina A; 10,00 mg de vitamina B₂; 120,00 mg de vitamina B₅; 80,00 mg de vitamina C; 690,00 mg de colina; 10,00 mg de vitamina B₁; 20,00 mg de vitamina B₃; 5,00 mg de vitamina B₆; 100,00 mg de vitamina E e 50,00 mg de vitamina D (Hakin, 1994, citado por LENGLER, 1999; LENGLER, 2000). Há no pólen vestígios de ferro, iodo, cobre, zinco, manganês, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, níquel, estrôncio, estanho, fósforo, vanádio e 2,54% de flavona (LENGLER, 1999). A quantidade de polifenóis, responsáveis pela ação antioxidante do pólen, podem variar de $7,40 \pm 0,20$ a $9,70 \pm 0,30$ (KROYER & HEGEDUS, 2000). O pólen seco possui $9,21 \pm 0,70\%$ de umidade; $7,46 \pm 2,00\%$ de lipídeos; $2,20 \pm 0,65\%$ de cinzas; ausência da vitamina C e beta-caroteno (ALMEIDA-MURADIAN et al., 2004).

O valor nutricional do pólen é influenciado pela forma de coleta do mesmo, temperatura do ar, pH e fertilidade do solo (CRAILSHEIM, 1990; SINGH & SINGH, 1996; CREMONEZ, 2001).

Na coleta do pólen as abelhas podem visitar entre uma e 500 flores para completar a carga, que varia de 10 a 30 mg, e realizar em média 10 a 15 viagens por dia que, em geral levam 10 minutos, mas podem chegar a 187 minutos. Na colméia, o pólen não é estocado em grande quantidade como o mel, havendo necessidade constante de repor o estoque, por isso as abelhas podem procurar seu alimento protéico em distâncias maiores do que procuram o alimento energético (WINSTON, 1997).

Para a coleta do pólen as abelhas movimentam suas pernas e língua sobre a flor, raspando as anteras e jogando os grãos de pólen em seus corpos, que ficam presos nos pelos ramificados. Posteriormente, esses insetos usam os pelos existentes nas pernas dianteiras para escovar a cabeça e o tórax, recolhendo o pólen e aglomerando os grãos com uma pequena gota de mel. Enquanto a abelha plana no ar próximo à flor transfere a mistura de pólen e mel para o segundo par de pernas e dessa para a corbícula, localizada nas pernas posteriores, onde os *pelets* são transportados até a colméia. Na colméia, as abelhas retiram o pólen da corbícula com o segundo par de pernas e colocam em uma célula, usando as mandíbulas e as pernas anteriores para pressionar o pólen, deixando o alimento bem compactado no favo (WINSTON, 1987).

Antes de ser estocado, o pólen é tratado com 10-HDA (10-hidroxi-trans-2-decenóico), produto da secreção da glândula mandibular que tem como função evitar a germinação do mesmo (SALLES & GRACIOLI, 2002). O pólen sofre, ainda, um

processo de fermentação causado por microorganismos específicos, facilitando sua ingestão e digestão (WINSTON, 1987; DOBSON & PENG, 1995). Gilliam (1979) isolou 130 espécies de leveduras no pólen. O tratamento conferido ao pólen na colméia faz com que esse produto não tenha as mesmas características daquele retirado das plantas, por isso o pólen coletado no alvado das colméias é conhecido como pólen apícola.

A necessidade de pólen é regulada pela quantidade de cria aberta na colméia, contudo, ainda não se tem claro como as abelhas detectam a necessidade dessa coleta (BARKER, 1971; DRELLER & TARPY, 2000). Apesar da quantidade de cria depender, entre outros fatores, da área de estoque de pólen na colônia, a presença das mesmas estimula a coleta de alimento, em especial do pólen (FREE, 1987). A percepção do odor emitido pelas crias ou pelo pólen apícola estocado na colméia não é suficiente para estimular a coleta de pólen. Segundo Free (1987), apesar do odor do feromônio da cria estimular a coleta de pólen, esta coleta se torna mais eficiente quando as operárias podem contactar as crias pelas antenas e quando podem alimentá-las. Dreller & Tarpay (2000) julgaram que seria necessário que o contato direto das forrageiras com a cria, assim, segundo os autores, se há um feromônio envolvido, deve ser de contato ou com baixa volatilidade. Contudo, Pankiw & Rinink (2002) trabalhando com colônias de *Apis mellifera* sem cria, verificaram uma maior coleta de pólen nas colméias tratadas com feromônio de cria do que nas testemunhas.

Standifer et al. (1977) estimaram que a quantidade de pólen exigido pela colméia anualmente é 50 a 75 libras, o que corresponde, aproximadamente, a 22,68 a 34,02 kg. Crailsheim et al. (1992) estimaram uma necessidade de 13,4 a 17,8 kg de pólen/ano em duas colônias. Esse alimento apresenta uma importância nutricional correspondente a 55% do alimento total da colméia (ROSSI, 1996, citado por LENGLER, 1999) e sua produção e necessidade dependem de uma série de fatores. Campana & Moeller (1977) observaram que o consumo de pólen das colônias pode variar de 8,45 a 15,17 g/dia e a capacidade de produção de cria fechada da colônia depende do valor nutricional e não do consumo do mesmo, podendo variar de 7,9 a 13,1 células/g de pólen consumido. Funari et al. (1998b) observaram uma variação de produção entre 7,00 a 36,10 g/dia dependendo da época do ano.

2.1.2.1. Plantas tóxicas

Pouco se sabe sobre o efeito de toxinas das plantas nos insetos, contudo algumas espécies botânicas causam envenenamentos às abelhas pela toxicidade do pólen ou néctar, da secreção dos nectários extraflorais, da seiva ou do melato (MALASPINA et al., 2004).

Em algumas regiões no Brasil é possível que as abelhas encontrem plantas tóxicas que provoquem a mortalidade da cria e abelhas adultas devido a substâncias químicas. Entre as plantas consideradas tóxicas no Brasil, estão o barbatimão (*Stryphnodendron* sp.), falso barbatimão (*Dimorphandra mollis*) e *Spathodea campanulata* – planta arbórea, originada da África e usada para fins ornamentais devido suas grande flores vermelhas (CALLIGARIS et al., 1996; CARBONARI et al., 1998; BORGES et al., 1998; CINTRA et al., 1998).

Devido a sua abrangência na flora nativa do Brasil, o barbatimão vem ganhando destaque nas pesquisas. Rica em tanino, esta espécie, que é fitotóxica para ruminantes, vem provocando sérios prejuízos para apicultores no Piauí, matando as larvas jovens, que perdem sua cor característica e ficam amareladas. O problema se agrava em regiões onde não existem opções para a coleta de alimento no período seco, época que o barbatimão está florescendo (ALCOFORADO FILHO & GONÇALVES, 2000).

Carvalho et al. (1998) verificaram que o pólen de barbatimão no sudoeste brasileiro provocava a morte da cria com sintomas semelhantes aos da cria ensacada, causada pelos vírus SBV e TSBV. Segundo Alves et al. (1996), o resíduo do extrato floral do barbatimão em soro fisiológico reduz a longevidade das operárias de *Apis mellifera*. A toxidez do barbatimão é atribuída a substâncias encontradas no néctar e pólen, sendo o pólen mais nocivo (CARBONARI et al., 1998; CINTRA et al. 1998).

Medidas de manejo para evitar a toxidez estão sendo pesquisadas, enquanto isto a recomendação mais eficiente é a migração dos enxames no período do florescimento ou o fornecimento de alimentação alternativa no período dessa florada.

2.1.3. Alimento larval

O alimento fornecido às larvas de operárias e zangões até o terceiro dia de idade e de rainha por toda a vida é originado da função combinada das glândulas hipofaríngea e mandibular (HAYDAK, 1943, 1970; REMBOLD, 1983).

A glândula hipofaríngea é descrita como um cacho longo que se enrola nos lóbulos ópticos do cérebro e é constituída por ácinos pluricelulares que se ligam, por

meio de canaliculos individuais, a um ducto central que desemboca na cavidade bucal. Presente somente nas operárias, o período de maior atividade desta glândula ocorre do 7º ao 17º dia (COSTA & CRUZ-LANDIM, 1977; MORAES & CRUZ-LANDIM 1983, 1984).

Nas abelhas *Apis mellifera* a glândula mandibular é constituída por um reservatório totalmente envolto por células secretoras com tamanho e função variados entre as castas. Em número par, localizadas uma em cada lado da cabeça, possuem o orifício excretor abrindo na parte interna da membrana que liga a mandíbula com o resto da cabeça. Nas operárias nutrizas esta glândula produz grande quantidade de 10-HDA (10-hidroxi-trans-2-decenóico) que compõe a dieta das larvas e evita a germinação do pólen (SALLES & GRACIOLI, 2002).

A geléia real, alimento fornecido às rainhas, é uma secreção amarelada, leitosa, ácida, muito viscosa (HAYDAK, 1943, 1970) e possui 81% de digestibilidade (MELAMPH & JONES, 1939, citado por HAYDAK, 1943). As propriedades físico-químicas deste alimento larval, segundo Minieri et al. (1977) são: 33,2 g de peso de matéria seca/100 g de geléia real fresca; 4 g/cc de peso específico; 3,6 a 4,8 de pH; 50,7 a 70% de água; 9 a 18% de proteína; 1 a 5% de lipídios; 10 a 17% de carboidratos; 1% de sais minerais e 1% de vitaminas, hormônios e substâncias desconhecidas. São encontrados ainda na geléia real ácido fólico, ácido pantotênico, vitamina B₁₂, biotina, colina, niacina, riboflavina, tiamina, 1,06 a 5,35 µg piridoxina e inositol (HAYDAK 1960, 1961, 1970; GARCIA-ALMOEDO & ALMEIDA-MURADIAN, 2000). Os açúcares presentes na geléia real são glicose, frutose e sacarose, outros carboidratos aparecem em pequenas quantidades (STANDIFER, 1967; LERCKER et al. 1986).

Os lipídios da geléia real são provenientes da secreção leitosa extraída das glândulas mandibulares, enquanto as glândulas hipofaríngeas secretam uma solução aquosa rica em proteína (HAYDAK, 1970). Rembold (1983) afirmou que a substância de cor leitosa é produzida por operárias com cerca de 12 dias de idade e a aquosa por operárias com 17 dias.

A proteína da geléia real deve ter origem na digestão do pólen e ser metabolizada pelas glândulas hipofaríngeas, já os carboidratos seriam provenientes do mel (STANDIFER, 1967). Garcia (1992) observou que a quantidade de pólen, cria e número de abelhas coletoras de pólen estão diretamente relacionados com a produção de geléia real. As abelhas nutrizas necessitam de pólen para produzir o alimento que será fornecido às crias e à rainha (DRELLER & TARPY, 2000).

O alimento fornecido às larvas de operária e zangão, geléia de operária e geléia de zangão, difere da geléia real pela quantidade de secreção de cada glândula, o que afeta a composição do alimento. Haydak (1943) verificou que a geléia de operária possui 20,75% de proteína bruta; 4,69% de lipídeos; 1,07% de cinzas e 73,51% de umidade; enquanto que o alimento fornecido à rainha possuía 14,00 a 18,38% de proteína bruta; 1,73 a 5,68% de lipídeos; 0,70 a 1,19% de cinzas e 65,37 a 69,17% de umidade.

A composição de açúcar do alimento larval oferecido às rainhas é quatro vezes maior do que a composição de açúcar do alimento larval oferecido às operárias. Contudo a razão frutose:glicose é praticamente a mesma nas duas secreções, 1,34 e 1,37 no alimento da rainha e das operárias, respectivamente (ASENOT & LENSKEY, 1988).

As abelhas nutrizas só produzem geléia real se estiverem consumindo pólen ou algum substituto com propriedades semelhantes (LENGLER, 2000). Quando o apicultor se dedica a criação de rainhas, a deficiência de alimento protéico reduz a aceitação e o peso das larvas, provoca carência nas rainhas produzidas e falta de zangões para o acasalamento. Quando falta proteína para as abelhas nutrizas, estas podem se suprir por uma semana através do *turnover*, para continuar a alimentar as larvas. Entretanto, as larvas alimentadas após este período não conseguem atingir a maturidade e são eliminadas. As nutrizas possuem um *turnover* mais rápido e seu sistema é mais adaptado para este metabolismo protéico (CRAILSHEIM, 1990). Segundo Haydak (1935) os corpos gordurosos localizados no abdome contêm estoque de material protéico que seria disponibilizado para as abelhas quando necessário, contudo, larvas criadas no período de maior entrada de pólen na colméia possuem maior capacidade de sobrevivência que larvas criadas no período de maior consumo de pólen estocado nas colméias (CRAILSHEIM, 1990).

Quando a colônia é mantida em condições normais de desenvolvimento o teor de proteína da glândula hipofaríngea é menor em abelhas com 40 dias do que em abelhas nutrizas com 12 dias de idade, $2,57 \pm 0,11 \mu\text{g}/\mu\text{l}$ e $7,35 \pm 0,15 \mu\text{g}/\mu\text{l}$, respectivamente (GRACIOLI et al., 1999). Embora o desenvolvimento da glândula hipofaríngea esteja correlacionado positivamente com a quantidade de proteínas ingerida, não há correlação desse desenvolvimento com a composição de aminoácidos essenciais do alimento (McCAUGHEY, 1980).

Operárias alimentadas com geléia real, pólen e mel possuem, respectivamente, um grande, médio e pequeno desenvolvimento do ovário. A geléia real possui um valor

nutritivo maior que o pólen para as operárias, entretanto, altos níveis de geléia real aumentam a mortalidade das abelhas adultas. Operárias engaioladas tratadas com 100% de geléia real morrem em três dias (LIN & WINSTON, 1998).

2.1.4. Água

A água é parte essencial da dieta das abelhas, sendo usada no metabolismo, diluição de alimento concentrado e condicionamento da temperatura interna. É importante que a água fornecida seja limpa e potável. Sua falta afeta a nutrição, fisiologia, cuidados com a cria e comportamento das colônias (STANDIFER et al., 1977; VIDAL et al., 2000).

Pouco se sabe sobre as exigências de água no processo vital das abelhas. Em geral a quantidade de água exigida está relacionada com a umidade relativa do ar, a taxa de perda do inseto pela cutícula, o sistema excretor e respiratório. As condições ambientais externas à colméia, bem como a quantidade de abelhas adultas e de cria influenciam nessa exigência (DIETZ, 1975; STANDIFER et al., 1977). Estima-se que uma colônia normal, na ausência de néctar, necessite de 5 litros semanais de água, aproximadamente (LEGLER, 1999). Contudo essa necessidade depende da concentração de sacarose no néctar, pois a água contida no néctar, tanto quanto a água metabólica, é responsável pelo balanço de água no organismo (WILLEMER & STONE, 1997; SCHMARANZER, 2000).

A água é coletada por operárias campeiras que, ao retornar para a colméia, entregam a mesma para abelhas mais novas, denominadas operárias receptoras, que se encarregam de distribuir a água a outras abelhas, atendendo as necessidades fisiológicas, ou espalhá-la em pequenas gotas pelas paredes dos alvéolos em todo ninho, auxiliando, assim, a redução da temperatura interna (KUHNHOZL & SEELEY, 1997).

Na colméia, a necessidade da coleta de água é regulada pela quantidade de operárias que procuram as abelhas receptoras (KUHNHOZL & SEELEY, 1997). Essa procura pelas receptoras faz com que as abelhas campeiras, que retornam à colônia com água ou néctar diluído, sejam recebidas de forma entusiasmada. Por outro lado, operárias que retornam com néctar concentrado encontram dificuldade em repassar sua carga. A facilidade ou dificuldade em repassar a carga para as abelhas receptoras estimula ou desestimula a coleta de água (WINSTON, 1987). O número de abelhas receptoras aumenta com a necessidade de demanda, sem afetar o número de receptoras de néctar, ou seja, é possível que uma colônia aumente a coleta de água sem afetar a

produção de mel (KUNHOZL & SEELEY, 1997). Na colônia existe um pequeno número de abelhas coletoras de água que ao envelhecerem passam a coletar néctar, contudo algumas abelhas podem passar a vida toda coletando somente água (CRANE, 1987).

A temperatura do tórax das abelhas está correlacionada positivamente com a concentração de sacarose no néctar. Nas abelhas coletoras de água a temperatura é similar à temperatura das abelhas que coletam solução de sacarose a 0,5M. É provável que os fatores que motivem essas coletas sejam semelhantes e as operárias regulem para que o tórax tenha a mesma temperatura, 36 a 38°C em média, mesmo quando a temperatura ambiente está entre 13,6 a 27,2°C (SCHMARANZER, 2000).

2.2. Alimentação das abelhas

A alimentação das abelhas *Apis mellifera* difere entre as castas e com a idade. As larvas são alimentadas de forma progressiva até que teçam o casulo e cabe às operárias nutrizas fornecer o alimento. Durante a fase de pupa não ocorre alimentação da cria, que passa a se nutrir das reservas acumuladas no período larval.

Nas adultas, as necessidades alimentares diferem com o desenvolvimento corporal pós-emergência, tarefas realizadas na colônia, maturação sexual, período reprodutivo e época do ano.

2.2.1. Alimentação das larvas

Em *Apis mellifera* a alimentação da larva é progressiva, mudando a composição e quantidade conforme a idade da larva. O feromônio liberado pela cria permite que as operárias nutrizas reconheçam a casta das abelhas e a idade em que as mesmas se encontram para que possam fornecer a composição correta do alimento (FREE, 1987).

As larvas são alimentadas pelas operárias nutrizas e o processo é iniciado por uma inspeção com as antenas com o objetivo de localizar a posição da cabeça e reconhecer a casta e a idade da larva. Após 1 a 2 segundos de vibração a operária deixa cair uma gota de alimento de suas mandíbulas. Todo o processo dura cerca de 10 a 30 segundos (SMITH, 1959).

A larva de operária é alimentada nos dois primeiros dias com 20 a 40% do componente proveniente da glândula mandibular e o restante com o componente proveniente da glândula hipofaríngea, a partir do terceiro dia, sua alimentação consiste de 100% do componente da glândula hipofaríngea, mel e pólen. Até 2,5 dias

de idade esta larva está envolvida por um material branco acinzentado e de consistência pastosa. Esta substância tem uma absorção pequena e não é suficiente para aumentar o peso da larva (HAYDAK 1970). Com o passar dos dias diminui a quantidade de proteínas e lipídeos da secreção glandular (HAYDAK, 1943). A frequência do fornecimento do alimento é 143 vezes em 109 minutos e a quantidade é praticamente constante até o segundo dia de idade (JAY, 1963; FREE, 1980; REMBOLD, 1983).

Por outro lado, a larva de rainha recebe ambas as substâncias em quantidades aproximadamente iguais por toda a vida. A quantidade dos componentes oferecidos depende da idade das nutrizas, abelhas mais velhas fornecem menos componente proveniente da glândula mandibular (HAYDAK, 1970). Haydak (1943) observou um aumento no teor de proteína de larvas de rainhas mais velhas. Contudo, as condições em que as nutrizas são submetidas, como alimentação, também podem afetar a composição da geléia real (SMITH, 1959). Quando a razão entre nutrizas e cria é 1:2 as operárias não são capazes de produzir alimento glandular suficiente (AMDAM & OMHOLT, 2002).

A quantidade e qualidade do alimento fornecido às rainhas são decisivas para seu desenvolvimento (WEISS, 1983). As larvas de rainha são alimentadas entre 1200 a 1600 vezes em 17 horas recebendo, aproximadamente, 25 vezes mais alimento que as larvas de operária e em quantidades sempre crescente (JAY, 1963; FREE, 1980; REMBOLD, 1983).

Geneticamente rainhas e operárias são idênticas. A diferenciação ocorre devido ao alimento fornecido às larvas. A diferenciação das castas em *Apis mellifera* é um exemplo de como as influências ambientais podem atuar nas modificações fisiológica e comportamental do indivíduo (SMITH, 1959). Os fatores responsáveis pela determinação da casta não são genéticos, mas sim externos, sendo eles: forma, tipo e composição da célula e quantidade e frequência da alimentação (WEISS, 1983).

Menos nutritivo, o alimento das operárias funciona como um castrador. Embora a larva de rainha receba o alimento diferenciado a partir da eclosão do ovo, alterando-se o alimento da larva de operária até o terceiro dia de idade é possível reverter o processo (REMBOLD, 1983).

Apesar do fator decisivo ser a alimentação, a posição e forma da célula interferem na formação das castas, de modo que faltando alimentação para larvas em células de rainha, a abelha emergida embora pequena, pode até ser menor que a operária, poderá exercer função de rainha. Ocorrendo o contrário, havendo excesso de

alimento para larvas de operária, as abelhas provenientes desta célula continuarão sendo operárias. A temperatura ligeiramente menor ao redor da célula de rainha não interfere na diferenciação das castas (WEISS, 1983).

As larvas de zangão são alimentadas da mesma forma que as larvas de operária, porém com uma quantidade maior de pólen após o terceiro dia de idade, afetando a composição protéica e vitaminas da dieta (HAYDAK, 1970). Os zangões recebem maior quantidade de alimento por serem maiores. O alimento das larvas mais velhas de zangão contém mais carboidratos, riboflavina e ácido fólico do que o alimento das larvas mais novas. Por outro lado, contém menos lipídeos, proteínas, minerais, tiamina, biotina, ácido pantotênico, colina, piridoxina e niacina (WINSTON, 1987).

2.2.2. Alimentação dos adultos

O alimento básico das operárias adultas é o mel e o pólen, entretanto, pequenas quantidades de alimento larval podem ser transmitidas durante a profilaxia. O mel fornece a fonte energética e não pode ser substituído pelo pólen (WINSTON, 1987). A principal fonte de reserva dos carboidratos é o alimento contido na bolsa de mel (LETA et al. 1996).

Após a emergência, as abelhas requerem proteína para completar a diferenciação dos tecidos, consumindo, assim, grande quantidade de pólen e recebendo alimento protéico de outras operárias (CRAILSHEIM, 1990). As abelhas são capazes de sobreviver por muito tempo com dietas pobres em carboidrato, entretanto, o pólen é essencial para a emergência e desenvolvimento de abelhas novas e da glândula hipofaríngea (DIETZ, 1975). Cremonez (2001) não observou presença de larvas e ovos em colônias de *Apis mellifera* após 30 dias de confinamento sem o fornecimento de fonte protéica.

Nos primeiros dez dias após a emergência as abelhas necessitam de grande quantidade de proteínas para completar o desenvolvimento glandular e de outras estruturas internas. Após esse período a proteína só é essencial para as abelhas nutrízes (WINSTON, 1987). Sendo assim, o pólen é muito consumido pelas abelhas mais novas, até 18 dias de idade, e pouco consumido pelas abelhas campeiras, mais de 21 dias de idade (HRASSNIGG & CRAILSHEIM, 1998). O consumo de pólen pode ser correlacionado com o desenvolvimento da glândula hipofaríngea e com as enzimas proteolíticas do estômago. Durante os primeiros 15 dias após a emergência o teor de

nitrogênio corporal aumenta 93% na cabeça, 76% no abdome e 37% no tórax (HAYDAK, 1934, citado por HAYDAK, 1936).

Em zangões o teor de aminoácidos na hemolinfa aumenta até o quinto dia após a emergência. A partir do nono dia esse teor é reduzido, o que coincide com a época de maturidade sexual (LEONARD & CRAILSHEIM, 1999). Pode-se concluir, portanto, que o consumo de pólen pelos zangões é maior no período de desenvolvimento dos órgãos sexuais. A produção de espermatozoides não depende da quantidade de proteína, mas a alimentação com pólen e alimento larval influencia a longevidade e habilidade para o acasalamento (WINSTON, 1987).

Nos primeiros dias após a emergência os zangões são alimentados pelas operárias, quando ficam mais velhos passam a se alimentar gradualmente sozinhos, retirando seu alimento diretamente dos favos de mel (WINSTON, 1987). Os zangões mais novos pedem alimento a qualquer operária, mas só são atendidos pelas nutrízes, que oferecem uma mistura de mel, pólen e alimento larval (HAYDAK, 1970).

As rainhas são alimentadas pelas abelhas nutrízes com a geléia real e possivelmente um pouco de mel, o alimento fornecido à rainha está diretamente relacionado com sua capacidade de postura (HAYDAK, 1970). Quando confinadas, as rainhas podem alimentar-se sozinhas do alimento fornecido pelo produtor, pasta cãndi (WINSTON, 1987). Em períodos de escassez de alimento as operárias suspendem o fornecimento de geléia real para a rainha que entra em diapausa reprodutiva, não realizando postura. Essa medida tem como finalidade manter o equilíbrio populacional de acordo com as condições ambientais. Nesse período as rainhas podem se alimentar diretamente dos favos de mel (HAYDAK, 1970).

2.3. Aparelho digestivo

O aparelho digestivo das abelhas divide-se durante o desenvolvimento embrionário em três partes: estomadéu ou intestino anterior, proctodéu ou intestino posterior e mesêntro, mesodéu ou intestino médio. O intestino anterior e posterior possuem origem ectodermal e o médio, endodermal. O estomadéu e o mesêntro acham-se separados pela válvula cardíaca enquanto que o proctodéu é separado do mesêntro pela válvula pilórica (SNODGRASS, 1953; GALLO et al., 1988).

2.3.1. Aparelho digestivo das crias

Nas larvas, o canal alimentar é relativamente simples. O mesodéu é longo, cilíndrico e se estende por quase todo o corpo. Externamente o estômago das larvas é recoberto por músculos circulares e longitudinais, internamente por uma membrana fina e gelatinosa denominada membrana peritrófica (SNODGRASS, 1953).

Nas formas larvais, o epitélio do intestino médio é forrado por células digestivas e generativas. As células digestivas apresentam estrutura apical plana com microvilosidades que garantam um aumento na superfície celular de 32 a 90 vezes (SERRÃO & CRUZ-LANDIM, 1998).

O proctodéu e o estomadéu são curtos. Durante a fase larval não existe conexão entre o proctodéu e o mesêntro, não havendo eliminação dos excrementos (SNODGRASS, 1975; DADE, 1962). O amadurecimento do proctodéu acontece no final da fase larval, ao fim do sexto dia após a eclosão do ovo, quando as larvas não mais se alimentam e já teceram o casulo. Nesse período a passagem entre as duas partes é aberta e todo o conteúdo do estômago é descarregado no intestino. Na junção do intestino médio e posterior existem quatro tubos de Malpighi, dois de cada lado. Esses tubos funcionam como órgãos excretores e se estendem por todo organismo, nessa fase os tubos não se abrem no intestino e todo resíduo alimentar fica acumulado em seu interior (SNODGRASS, 1953). Nas larvas jovens esses tubos são delgados, com o avançar da idade da cria, os mesmos vão se distendendo devido ao acúmulo de secreções (SNODGRASS, 1975).

O processo de metamorfose que ocorre na pré-pupa e pupa transforma o simples aparelho digestivo das larvas em um órgão complexo nas abelhas adultas. Nessa fase as abelhas não se alimentam, passando a sobreviver das reservas corporais acumuladas no período larval. As modificações são graduais e meramente reconstrutivas nas partes ectodermiais. No início da fase de pré-pupa, que dura dois dias, a abertura entre o estomadéu e o mesodéu se fecha e o intestino posterior se alonga e se diferencia em faringe, esôfago, papo e proventrículo. (SNODGRASS, 1953).

No final da fase de pré-pupa ocorre o fechamento da abertura que liga o mesodéu ao proctodéu, deixando o intestino médio isolado para tomar a forma de um longo saco cilíndrico. A principal mudança nessa fase ocorre no epitélio do intestino médio que é todo degenerado e substituído. O epitélio formado na pupa também é temporário e cinco dias após a larva ter tecido o casulo o epitélio do intestino médio é novamente

substituído, dessa vez pelo epitélio definitivo. A membrana peritrófica da larva também desaparece, ressurgindo no final da fase de pupa (SNODGRASS, 1953).

Nesse período o proctodéu distingue-se em intestino delgado e intestino grosso e os tubos de Malpighi avançam em direção ao proctodéu e descarregam todo o conteúdo acumulado, para depois serem degradados e desaparecerem (SNODGRASS, 1953).

No final da fase de pupa o canal alimentar das abelhas está todo reconstruído, contudo, para se tornar funcional é necessário que a passagem entre o estomadéu e mesodéu e entre o mesodéu e o proctodéu se abram novamente. A primeira se abre dois dias antes da abelha emergir com a formação definitiva da válvula cardíaca, posteriormente ocorre a abertura entre o intestino médio e posterior (SNODGRASS, 1953).

2.3.2. Aparelho digestivo das abelhas adultas

Nas abelhas adultas o estomadéu inicia-se na cavidade bucal com a faringe que possui músculos fortes responsáveis pela dilatação, compressão e contração. A ação desses músculos causa sucção e regurgitamento do néctar, mel e água. No alto da cabeça a faringe sofre um estreitamento ao ligar-se com o esôfago (SNODGRASS, 1975; MACHADO & CAMARGO, 1972; GALLO et al., 1988).

O esôfago é um tubo longo e simples, inicia-se no ápice da cabeça e termina na base do abdome, ligando a faringe ao estômago. Sua estrutura difere muito pouco da primeira. A extremidade posterior do esôfago é alargada, formando uma bolsa denominada de papo ou estômago de mel (SNODGRASS, 1975; MACHADO & CAMARGO, 1972; GALLO et al., 1988).

O estômago de mel possui a função de transportar néctar, mel e água, sua capacidade máxima de carga é 100 mg, contudo, as operárias carregam entre 20 a 40 mg de néctar em cada viagem. Nas rainhas e zangões essa estrutura é mais delgada que nas operárias (SNODGRASS, 1953; DADE, 1962).

O papo é ligado ao estômago pelo proventrículo e na extremidade anterior desse último encontra-se a boca do estômago que possui abertura em forma de X. Essa abertura é formada por quatro estruturas triangulares denominadas de lábios (SNODGRASS, 1953; MACHADO & CAMARGO, 1972). Os lábios possuem em suas bordas uma fileira de pelos curvos voltados para o lúmen do proventrículo. Pela ação de músculos longitudinais os lábios se abrem permitindo que o alimento passe do papo para o proventrículo. No proventrículo a ação de músculos circulares força o alimento

para que ele volte ao papo, porém o pólen fica retido nos pelos, passando posteriormente para o ventrículo, enquanto que o mel, néctar e água retornam livremente ao papo (SNODGRASS, 1953; MACHADO & CAMARGO, 1972). A válvula cardíaca, situada na porção posterior do proventrículo, impede que o alimento do ventrículo retorne, prevenindo a regurgitação do estômago (SNODGRASS, 1975; GALLO et al., 1988).

O mesêntro consta essencialmente do ventrículo ou estômago, onde a digestão e absorção dos alimentos são realizadas (SNODGRASS, 1975; GALLO et al., 1988). Seu epitélio interno é coberto com células secretoras que produzem carboidrases, lipases e proteínases e contém microvilosidades longas em espaços regulares. Essas microvilosidades garantem uma capacidade de extensão e um aumento na área da superfície que realiza a digestão em 32 a 90 vezes. As enzimas são acumuladas no ápice das células epiteliais e liberadas no lúmen do ventrículo pela dissolução das paredes das células. Em estágio degenerativo mais avançado as células digestivas mostram-se rompidas e liberando seu conteúdo para o lúmen. A destruição dessas células é compensada pela formação de novas células nos centros de regeneração, grupos de pequenas células localizadas nas reentrâncias das invaginações do epitélio. As novas células são formadas por divisão mitótica e assumem a atividade secretora. Os produtos digeridos pelo suco gástrico e enzimas são absorvidos pela epiderme e descarregados diretamente na hemolinfa. O epitélio possui, ainda, a função de excreção de cálcio (SNODGRASS, 1953; GALLO et al., 1988; SERRÃO & CRUZ-LANDIM, 1998).

No lúmen do intestino médio uma membrana acelular, denominada membrana peritrófica, envolve o alimento. Muitos autores consideram que essa membrana é uma secreção epitelial com a provável função de proteger o ventrículo de partículas abrasivas. Formada nas células epiteliais do ventrículo, essa membrana separa o conteúdo luminal em duas partes: espaço endoperitrófico e espaço ectoperitrófico. As enzimas descarregadas no espaço ectoperitrófico penetram a membrana e atuam na digestão do alimento no espaço endoperitrófico. Os produtos da digestão atravessam a membrana para serem absorvidos pelo epitélio (SNODGRASS, 1953, 1975; STANDIFER, 1967; TERRA, 1986; GALLO et al., 1988).

As camadas de músculos longitudinais e circulares que envolvem o mesêntro têm como função manter os alimentos em movimento para facilitar a digestão e promover movimentos persistálticos levando o bolo alimentar para o proctodéu. O

alimento contido no proctodéu continua envolto pela membrana peritrófica, que é eliminada nas fezes (SNODGRASS, 1975; GALLO et al., 1988).

A válvula pilórica ou boca do intestino faz parte do intestino posterior. Formada por uma série de dobras do epitélio deste intestino, projeta-se em direção ao lúmen, causando seu estreitamento (SERRÃO & CRUZ-LANDIM, 1998).

O proctodéu é a menor porção do sistema digestivo e pode ser dividido em intestino delgado e intestino grosso ou reto (MACHADO & CAMARGO, 1972). O intestino delgado apresenta externamente seis dobras longitudinais que aumentam a área da superfície exposta à passagem do alimento, enquanto que o lúmen é reduzido de forma a retardar essa passagem (DADE, 1962). O intestino delgado e o reto se unem por uma pequena válvula, o reto se expande abruptamente a partir desse ponto de encontro. Na parte posterior, antes de se abrir no ânus, o reto torna-se mais estreito. O epitélio que constitui a parede do reto possui numerosas dobras longitudinais capacitando sua expansão. Externamente o reto é revestido por fibras musculares longitudinais e circulares que permitem sua contração (SNODGRASS, 1953; MACHADO & CAMARGO, 1972).

As abelhas só liberam seus dejetos durante o vôo, nos períodos em que é difícil sair da colméia para os vôos de higienização as fezes se acumulam no reto (DADE, 1962). A parede epitelial que reveste essa estrutura confere ao reto grande distensibilidade, permitindo o acúmulo de fezes por longo período. Na parte anterior do reto existem seis glândulas retais, suas funções são obscuras, mas é possível que elas auxiliem a absorção de água e a manter a concentração de sais na hemolinfa, absorvendo gordura, ferro, cloreto de sódio e outros sais (SNODGRASS, 1953, 1975; DADE, 1962; STANDIFER, 1967; GALLO et al. 1988).

O fornecimento de alimentos com baixa digestibilidade no período em que as abelhas não podem sair para o vôo de higienização provoca a fermentação dos restos alimentares no reto, favorecendo a proliferação de fungos, leveduras e bactérias, o que pode causar disenteria e provocar um comportamento irrequieto nas abelhas, elevando a temperatura interna da colméia (DADE, 1962).

2.3.2.1. Órgãos anexos

Associados ao aparelho digestivo existem os tubos de Malpighi, as glândulas salivares, as glândulas hipofaríngeas, as glândulas mandibulares e as papilas retais (MACHADO & CAMARGO, 1972). Alguns desses órgãos já foram descritos anteriormente, os demais terão breve relato a seguir.

Na junção do intestino com o ventrículo existe um grande número de tubos finos, longos e esbranquiçados denominados tubos de Malpighi, que removem os resíduos de sais e nitrogênio, na forma de ácido úrico, e descarregam no intestino para serem eliminados junto com o resíduo alimentar. Estas estruturas, em número de 100 ou mais, são formadas durante o estágio de pupa, quando os tubos de Malpighi larvais ainda estão presentes (GALLO, 1988; SNODGRASS, 1975). Nos adultos a inserção dos tubos de Malpighi ocorre no intestino médio, contudo, nas larvas, a inserção é observada no intestino posterior (SERRÃO & CRUZ-LANDIM, 1998).

As glândulas salivares ou glândulas labiais possuem sua porção secretora localizada no tórax e por isso também são chamadas de glândulas salivares torácicas. Nas abelhas da subfamília Apinae essas glândulas possuem um par de estruturas secretoras na cabeça denominadas glândulas salivares da cabeça ou glândulas pós-cerebrais. Embora as glândulas salivares do tórax e da cabeça apresentem ducto excretor comum, a morfologia e a secreção são diferentes. As glândulas pós-cerebrais secretam uma substância oleosa utilizada durante a manipulação da cera (MORAES, 2002). A glândula salivar do tórax é formada por cachos compactos de corpos cilíndricos arrumados em ramos. Sua secreção é estocada em dois pequenos sacos. Alguns autores consideram que essa secreção contém invertase e lipase que auxiliam na digestão do alimento (SNODGRASS, 1953; DADE, 1962).

A glândula hipofaríngea recobre totalmente a fase anterior do cérebro. Presente somente nas operárias, forma um par de estruturas localizadas a cada lado da faringe, na parte mediana anterior da cabeça (MACHADO & CAMARGO, 1972). Seu tamanho e atividade variam conforme a idade e função da operária na colméia. O período de maior atividade desta glândula ocorre do 7º ao 17º dia, quando secreta o alimento larval (COSTA & CRUZ-LANDIM, 1977; MORAES & CRUZ-LANDIM 1983, 1984). Além do alimento larval, essa glândula produz as enzimas glicose-oxidase, invertase e diastase. Em operárias na fase nutriz a glicose-oxidase possivelmente atua na síntese do alimento larval. Em operárias campeiras, essas enzimas atuam na digestão do pólen e no processamento do mel (COSTA, 2002).

As reservas alimentares são estocadas no corpo gorduroso localizado dorsal e ventralmente no abdome das abelhas adultas. Essas células estocam gordura, proteína em forma de albumina e glicogênio, que pode ser rapidamente convertido em glicose quando necessário (WINSTON, 1987).

2.4. Digestão e absorção dos alimentos

Os insetos só estão habilitados a digerir o alimento depois que esse chega ao estômago (BLATT & ROCES, 2002). O processo digestivo consiste de três partes: digestão inicial, intermediária e final. Durante a digestão inicial ocorre a diminuição das moléculas poliméricas dos alimentos através da ação de polímero-hidrolases, tais como amilase e tripsina. Os oligômeros resultantes da digestão inicial continuam sendo hidrolisados durante a digestão intermediária pela ação das polímero-hidrolases ou por oligômeros-hidrolases, como amino-peptidases. Na digestão final, os dímeros e pequenos oligômeros produzidos na fase anterior serão quebrados em monômeros pelas dímero-hidrolases (TERRA, 1986).

A ação das enzimas sob os polímeros ocorre no espaço endoperitrófico. As enzimas responsáveis pela digestão inicial são secretadas no espaço ectoperitrófico e penetram na membrana peritrófica em sua porção anterior, dirigindo-se para a porção posterior. À medida que os produtos hidrolisados por essas enzimas atingem um tamanho que permita sua passagem pela membrana peritrófica, os mesmos passam para o espaço ectoperitrófico junto com a enzima. A recuperação paulatina das enzimas digestivas permite uma economia das mesmas, uma vez que essas não passam para o trato intestinal posterior (TERRA, 1986).

A digestão intermediária ocorre no espaço ectoperitrófico, as enzimas que atuam nessa fase são secretadas na porção final do intestino médio, movem-se para a porção inicial onde, posteriormente, serão absorvidas. Devido ao tamanho, estas enzimas não conseguem atravessar a membrana peritrófica. As dímero-hidrolases agem nas microvilosidades das células do intestino médio (TERRA, 1986).

Embora existam microorganismos no pólen (GILLIAM, 1979) e no trato digestivo das abelhas, a participação desses na digestão não está esclarecida. Sabe-se, contudo, que as bactérias presentes no reto não atuam na digestão (CRUZ-LANDIM, 1985; DOBSON & PENG, 1995).

Segundo Gallo et al. (1988), a digestão inicia-se no estomadéu por meio de enzimas lançadas no papo pelo epitélio secretor e pelo sistema glandular. Essas enzimas são, principalmente, carboidrases como a amilase, maltase e invertase. Como o mel não contém amido, é provável que a amilase seja secretada para atuar no pólen (CRANE, 1987). Na bolsa de mel a sacarose é digerida pela α -glicosidase secretada pela glândula hipofaringeana. O conteúdo da bolsa pode ser regurgitado ou passar para o ventrículo, conforme a necessidade (TERRA, 1986).

O alimento contido na bolsa de mel é utilizado como fonte energética durante o vôo e a passagem desse do papo para o estômago das abelhas forrageiras depende da concentração de açúcar contida no alimento. Quanto maior a concentração de açúcar, maior a velocidade de passagem. A viscosidade do alimento e a pressão osmótica na hemolinfa não estão envolvidas nesse sistema (ROCES & BLATT, 1999; BLATT & ROCES, 2002).

Segundo Crailsheim (1988b) a passagem de açúcar da bolsa de mel para o estômago depende da molaridade, volume do alimento ingerido, atividade das abelhas e época do ano. A glicose e a frutose chegam ao estômago e rapidamente atravessam a parede do ventrículo, atingindo a hemolinfa. Apenas pequenas quantidades de glicose atingem o reto (CANDY et al., 1997; BLATT & ROCES, 2002).

A passagem de açúcar do ventrículo para a hemolinfa pode ser ajustada com a taxa metabólica, já que a taxa de passagem do alimento está relacionada com a demanda energética (ROCES & BLATT, 1999; BLATT & ROCES, 2001). O aumento da taxa metabólica eleva o consumo de trealose. É possível que o teor da trealose, açúcar de maior concentração na hemolinfa, regule a absorção de açúcares pelo organismo, sendo que o aumento do consumo da trealose sirva como sinal para que a sacarose presente no proventrículo seja transportada para o ventrículo. No ventrículo a sacarose seria invertida em glicose e frutose, que são absorvidas pela hemolinfa, fornecendo a energia necessária para o gasto metabólico (CANDY et al., 1997; CRAILSHEIM, 1988b; BLATT & ROCES, 2001 e 2002).

A glicose é absorvida nos $\frac{2}{3}$ iniciais do estômago por difusão simples. A absorção da frutose, manitol e 3-O-metilglicose ocorre da mesma forma, sendo idênticos no verão e no inverno (CRAILSHEIM, 1988a).

É possível que os carboidratos contidos no intestino continuem sendo absorvidos, provendo as abelhas de energia adicional (ROCES & BLATT, 1999; BLATT & ROCES, 2001). Evidências indicam que hormônios secretados pelo *corpora*

cardíaca são responsáveis pela mobilização do açúcar proveniente da alimentação e dos tecidos reservas (WOODRING et al. 1993).

Ao ser ingerido o pólen passa rapidamente pelo proventrículo, que regula a passagem de todos os nutrientes para o estômago onde ocorre a digestão. As proteinases usualmente encontradas no lúmen dos insetos são do tipo aspartato-proteinase – pepsina - e serina-proteinase - quimiotripsinas e tripsinas (TERRA, 1986; CRAILSHEIM, 1990). No intestino médio dos Hymenoptera a β -glicosidade hidrolisa oligossacarídeos provenientes da hemicelulose, glicoproteínas e glicolípídeos (FERREIRA et al., 1998). Não há digestão de proteína e nem absorção de aminoácidos na bolsa de mel (CRAILSHEIM, 1988c).

Dependendo da origem botânica e da capacidade de rompimento do invólucro que envolve os grãos de pólen, a digestão desse alimento pode ocorrer das seguintes formas: (i) enzimas gástricas penetrem no grão de pólen pela região do poro e seu conteúdo é digerido parcialmente sem que haja rompimento do invólucro (CRUZ-LANDIM, 1985). (ii) no ventrículo, os grãos de pólen incham devido à baixa pressão osmótica, ocasionando seu rompimento, o que resulta na extrusão do protoplasma e exposição dos nutrientes para digestão e absorção (DOBSON & PENG, 1995).

A atividade das enzimas proteolíticas nas abelhas é influenciada pelas exigências do sistema social. Assim, o maior nível desta atividade é encontrado em abelhas nutrizas, decaindo em abelhas forrageiras. Nas operárias a ação destas enzimas aumenta até o terceiro dia de idade e é influenciada pela presença de rainhas e cria aberta (CRAILSHEIM & STOLBERG, 1989). Segundo Burgess et al. (1996) a quantidade de endopeptidases (quimotripsina e elastase) e de exopeptidases (leucina aminopeptidase e tripsina) é maior aos oito dias de idade do que logo após a emergência das abelhas.

A época do ano também influencia o transporte de aminoácidos. No período de pouca disponibilidade de alimento e pouca atividade externa o transporte é reduzido. Apesar do consumo de pólen no verão (época de maior disponibilidade de alimento) ser maior que no inverno (época de menor disponibilidade de alimento), há um melhor aproveitamento do mesmo durante o período de escassez. A redução da atividade das enzimas proteolíticas e do metabolismo é uma adaptação para a sobrevivência neste período (CRAILSHEIM, 1990; CRAILSHEIM et al., 1993 a).

A atividade das enzimas proteolíticas é limitada nas pupas e abelhas recém emergidas e alta nas larvas e abelhas nutrizas (MORTIZ & CRAILSHEIM, 1987). Nos zangões a atividade das enzimas proteolíticas é baixa logo após a emergência, máxima

entre o terceiro e quarto dias de idade e muito baixa nos machos mais velhos, quando a digestão do pólen também é baixa. Apesar dos zangões consumirem maior quantidade de pólen que as operárias, a digestão e a atividade das enzimas proteolíticas dos machos é mais baixa do que das fêmeas (SZOLDERITS & CRAILSHEIM, 1993). A atividade das enzimas proteolíticas é maior no espaço endoperitrófico do que no espaço ectoperitrófico e quase inexistente nas microvilosidades do epitélio que reveste o ventrículo (CRAILSHEIM, 1990).

O processo de digestão do pólen é similar em larvas e abelhas adultas, o mesmo permanece no tubo digestivo entre 1 e 3 horas (WINSTON, 1987). Segundo Bailey (1952, citado por SNODGRASS, 1975) o pólen permanece de 5 a 20 minutos no proctodéu e de 3 a 12 horas no ventrículo, permanecendo mais tempo nas abelhas nutrizas e menos tempo nas forrageiras. Contudo, o tempo de permanência do pólen no trato digestivo pode variar de algumas horas a um dia ou mais e depende da idade da abelha, quantidade de alimento ingerido e o motivo da retenção (CRAILSHEIM, 1990).

Nas abelhas, somente 50% do pólen ingerido é aproveitado (CRUZ-LANDIM, 1985). Contudo a digestibilidade depende da origem botânica, pois algumas espécies produzem pólen de digestão mais fácil (DOBSON & PENG, 1995).

O pólen contém enzimas digestivas similares à tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase. Embora em alguns casos essas enzimas sejam suficientes para a atividade fisiológica, a quantidade das mesmas no intestino médio dos insetos excede a quantidade existente no pólen (GRAGAN & HUNT, 1979).

As pesquisas sobre transporte e absorção de aminoácidos têm se concentrado nos lepidópteros. Poucos estudos foram realizados com *Apis mellifera*. Embora seja possível generalizar, algumas vezes as pesquisas mostram sistema de transporte diferente entre as espécies de insetos. É o caso da alanina que em *Bombyx mori* inibe a absorção da leucina (WOLFERSBERGER, 2000), entretanto, o mesmo não é observado em *Apis mellifera* (CRAILSHEIM, 1988c).

Estudos sobre o transporte de leucina no canal alimentar de *Apis mellifera* demonstram que a taxa de transporte desse aminoácido depende de sua concentração, é realizado por um transportador e não é influenciado pela glicose, glicina, arginina ou ácido glutâmico, mas é significativamente menor na presença de isoleucina. A absorção da leucina é realizada nos primeiros $\frac{2}{3}$ do estômago e somente quantidades mínimas atingem o reto. O transporte da leucina é maior no verão do que no inverno (CRAILSHEIM, 1988c).

Apesar dos aminoácidos hidrofóbicos atravessarem as membranas dos insetos por difusão simples, eles possuem um carreador que facilita o co-transporte semelhante aos dos mamíferos (WOLFERSBERGER, 2000).

Embora os lipídeos sejam essenciais para a sobrevivência das abelhas, poucos trabalhos foram realizados sobre a absorção desses nutrientes no trato intestinal. A quantidade de ácido graxo livre no estômago e intestino das operárias está relacionado com o consumo de pólen e com a idade das abelhas. O teor dos ácidos graxos na hemolinfa chega ao máximo no oitavo dia de vida, decaindo constantemente, atingindo o mínimo nas abelhas campeiras (LOIDL & CRAILSHEIM, 2001).

A atividade das enzimas lipolíticas é dependente da idade, da quantidade de lipídeos consumidos e do polietismo temporal - abelhas nutrizas possuem maior atividade das enzimas lipolíticas do que abelhas campeiras (LOIDL & CRAILSHEIM, 2001). Contudo, como o pólen permanece mais tempo no trato digestivo das abelhas mais velhas, as lipases agem por mais tempo nessas abelhas do que nas abelhas mais novas, compensando o baixo teor dessas enzimas (LOIDL & CRAILSHEIM, 2001).

Os ácidos graxos livres liberados no espaço endoperitrófico atravessam a membrana peritrófica por difusão. Entretanto, a quantidade de ácidos graxos livres no espaço endoperitrófico é duas vezes maior do que na região ectoperitrófica, pois os mesmos são rapidamente incorporados nas paredes celulares do ventrículo (LOIDL & CRAILSHEIM, 2001).

A quantidade de ácidos graxos livres na parede do estômago está relacionado com a idade. Nas operárias com até oito dias de idade essa quantidade é de $7,2 \pm 1,2$ mg. Em operárias campeiras esse teor é 55% menor devido ao metabolismo acelerado e alta taxa de *turnover* (LOIDL & CRAILSHEIM, 2001).

Não existem muitas informações sobre absorção de vitaminas e minerais nas abelhas, mas sabe-se que o ferro é absorvido pelas células do estômago, lançado da membrana apical para a basal, transferido para a hemolinfa e depositado no corpo gorduroso e exoesqueleto (NICHOL et al., 2002).

2.5. Nutrientes e nutrição

Deficiência de proteínas, carboidratos, lipídeos, minerais, vitaminas e água podem prejudicar o desenvolvimento, manutenção e reprodução das colônias, reduzir a vida das abelhas, provocar estresse e facilitar o aparecimento de doenças (STANDIFER

et al., 1977; SANFORD 1996). O efeito nutricional do pólen afeta a capacidade da colônia em cuidar das crias mais novas (SINGH & SINGH, 1996). Assim, embora o fornecimento de alimento energético estimule a produção de cria, o pólen limita este crescimento (CREMONEZ, 2001). Além da capacidade reprodutiva, a deficiência nutricional reduz também a capacidade produtiva das abelhas (COUTO, 1998). Segundo Horr (1998), aumentando a longevidade das abelhas pode-se incrementar a produção de mel em 25 a 40%. Por outro lado, níveis excessivos daqueles nutrientes podem causar um desbalanço nutricional nos processos biológicos e, em caso de fornecimento de alimentação suplementar, elevar os custos demasiadamente (HEBERT Jr. et al., 1977).

Estudos realizados por Funari et al. (1998a) demonstraram que a redução da disponibilidade de alimento pode afetar a composição bromatológica das pupas, diminuindo os níveis de proteína bruta e sais minerais em até 8,4 e 38,5%, respectivamente.

2.5.1. Proteínas e aminoácidos

As proteínas são fundamentais nas fases de crescimento e reprodução, sua falta prejudica a produção de óvulos e enzimas, o desenvolvimento da cria e o desenvolvimento glandular e muscular, síntese de proteínas imunológicas e longevidade das abelhas adultas (DIETZ, 1975; ZUCOLOTO, 1994; CREMONEZ, 2001). A ausência ou escassez de proteína na dieta das abelhas torna falha a síntese de novas proteínas e a atividade fisiológica geral do organismo (CREMONEZ, 2001).

Na tentativa de descobrir a quantidade de proteína necessária para o pleno desenvolvimento das abelhas *Apis mellifera*, Hebert Jr. et al. (1977) ofereceram dietas com 5; 10; 23; 30 e 50% de proteína bruta e verificaram que o nível ótimo de desenvolvimento ocorre com 23%, seguido de 30; 10; 50 e 5%. O consumo da dieta com 50% de proteína bruta foi baixo, havendo grande quantidade de cria removida antes da fase de pupa. Segundo Azevedo-Benitez & Nogueira-Couto (1998) o nível ótimo de desenvolvimento das colônias ocorre quando se fornece 20% de proteína bruta.

Contudo, para o crescimento e desenvolvimento das abelhas é necessário o fornecimento de proteínas com a composição de aminoácidos correta. Segundo De Groot (1953 citado por STACE, 1996), as exigências mínimas de aminoácidos essenciais para as abelhas em 20% de proteína bruta são: 3% arginina, 2,5% fenilalanina, 1,5% histidina, 4% isoleucina, 4,5% leucina, 3% lisina, 1,5% metionina, 3% treonina, 1% triptofano e 4% valina. Algumas espécies vegetais apresentam o pólen

deficiente nas quantidades desses aminoácidos (STANDIFER et al., 1977). Quando os teores de metionina em insetos é adequado, a cistina é dispensável, contudo, embora a cistina possa ser metabolizada a partir da cisteína, a reação inversa não ocorre (DADD, 1973).

Existe ainda a necessidade do fornecimento dos aminoácidos não essenciais glicina, serina e prolina para estimular o crescimento em *Apis mellifera* (DADD, 1977, citado por PARRA, 1986). Em alguns insetos a adição de ácido glutâmico e aspártico à alimentação, aminoácidos importantes nas reações de transaminação, promovem o crescimento, sendo importantes suplementos para várias espécies de insetos (DADD, 1973). Segundo Kim & Smith (2000), a glicina potencializa o consumo do alimento em *Apis mellifera*, entretanto esta resposta é afetada pelo estado metabólico, fisiológico e nutricional das abelhas.

O fornecimento de aminoácidos não essenciais pode estar relacionado com o sucesso do desenvolvimento e crescimento. Embora ainda seja necessária a realização de pesquisas para a compreensão dessa relação, é possível que o estresse metabólico ocasionado pela síntese dos aminoácidos não essenciais a partir da glicose, quando os mesmos não são fornecidos, ou são fornecidos em quantidade inferior à necessária, prejudique o desenvolvimento e crescimento dos insetos (DADD, 1973).

No organismo os aminoácidos serão usados para síntese de outros aminoácidos, proteínas, compostos de pequeno peso molecular e produção de energia (LAJOLO & TIRAPEGUI, 1998). Além dessas funções, os aminoácidos podem ter outros papéis importantes no organismo, sendo fundamental o estudo de seus metabolismos. O triptofano é importante na síntese da vitamina niacina (LAJOLO & TIRAPEGUI, 1998). Os aminoácidos lisina e arginina são requeridos para o completo desenvolvimento larval (HAYDAK, 1970). O glutamato é um neurotransmissor muscular (WOLFERSBERGER, 2000).

Em larvas de *Apis cerana*, os aminoácidos comumente detectados são: leucina, isoleucina, valina, tirosina, ácido glutâmico, treonina, arginina, ácido aspártico, glicina, serina, lisina, histidina, cistina, prolina, α -alanina e β -alanina. Prolina é o aminoácido predominante no *pool* de aminoácidos livres e na fração protéica (SINGH & SINGH, 1996).

Nas abelhas *Apis mellifera* a quantidade de aminoácidos livres na hemolinfa depende da função fisiológica e ambiente social. Nas operárias e zangões o conteúdo de aminoácido é maior até o 5º dia de idade, decaindo posteriormente. Nas rainhas esse

teor é superior a 60 nmol/microl hemolinfa (2,5 vezes maior que nas operárias) e atinge o pico com o início da postura (aproximadamente 10 dias de idade), continuando alto durante toda a fase reprodutiva. Rainhas que não realizam postura aos 10 dias de idade possuem o teor de aminoácido menor (HRASSNIGG et al., 2003).

A análise de diversos pólenes provenientes da Austrália mostrou que a isoleucina é um aminoácido limitante nesta região, sendo necessário uma suplementação (STACE, 1996).

Berguer et al. (1997) estudaram o metabolismo da prolina, isoleucina e fenilalanina em zangões de 5 a 12 dias e observaram que a maior porção de aminoácidos circulantes na hemolinfa é incorporado no abdome, seguido do tórax. Apenas pequena quantidade de aminoácidos livres é incorporada à cabeça.

Apesar de a histidina ser um neurotransmissor das células fotoreceptoras de insetos e outros artrópodes, ela é distribuída em pequena quantidade nos neurônios cerebrais (NASSEL, 1999). A alanina é usada como substrato nas células glia da retina, sendo formada a partir da glicose e tendo como intermediário o piruvato (MARCAGGI & COLES, 2001).

A prolina é especialmente abundante na hemolinfa das abelhas, com uma concentração 24 a 76 vezes maior que a leucina e 21 a 32 vezes maior que a fenilalanina, sendo usada a uma taxa até 1,18% maior que a glicose no metabolismo de zangões até 5 dias de idade (BERGER et al., 1997). A concentração de prolina na hemolinfa representa 50% dos aminoácidos livres da hemolinfa de rainhas em postura, 50% do total de aminoácidos das abelhas recém emergidas e 80% das abelhas com três dias de idade, decrescendo em abelhas mais velhas. A concentração desse aminoácido também é menor em operárias coletadas após o vôo, quando comparada com operárias que permaneceram dentro da colméia (CRAILSHEIM & LEONHARD, 1997; HRASSNIGG et al. 2003).

Micheu et al. (2000) consideraram que apesar da prolina ser usada durante o vôo das abelhas a uma taxa de 10 µg em 30 a 60 minutos, a quantidade metabolizada é baixa quando comparado com o uso de carboidratos. Sendo solúvel em água e contendo alto teor de energia, a prolina é usada como fonte energética durante o crescimento e desenvolvimento larval (SINGH & SINGH, 1996).

Operárias forrageiras possuem alto gasto de energia e metabolismo acelerado, o que aumenta o *turnover* protéico e as torna hábeis para absorver mais leucina e outros aminoácidos do que operárias da mesma idade em períodos de falta de alimento no

campo. Abelhas rastejando ou caminhando também têm seu metabolismo de aminoácidos interrompido e usado no metabolismo energético (CRAILSHEIM, 1990).

Fatores nutricionais, ambientais e hormonais influenciam na síntese protéica dos insetos. A concentração de proteína nas abelhas adultas recém emergidas pode variar de 5,13 a 23,48 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$, dependendo da disponibilidade de alimento no campo e de fatores ambientais e hormonais. Esse valor cresce até o 12º dia de idade e decai posteriormente. No 30º dia de idade a concentração de proteína na hemolinfa variou de 2,12 a 4,29 $\mu\text{g}/\mu\text{l}$ (CREMONEZ, 1996 e 2001).

Figueredo et al. (1998) estudaram a influência da dieta no título de proteínas na hemolinfa de rainhas de *Apis mellifera* e verificaram que o aumento de proteínas na hemolinfa para rainhas que receberam dietas ricas em pólen ocorreu a partir do sexto dia de idade.

A modulação do título de proteínas nas rainhas assemelha-se ao das operárias, mas com valores significativamente maiores devido à grande diferença de vitelogenina presente na hemolinfa das rainhas (BARCHUK et al., 2000a). A alta concentração de aminoácidos na hemolinfa é a base da elevada síntese protéica em rainhas que realizam postura (HRASSNIGG et al., 2003). Das várias proteínas envolvidas na longevidade das abelhas, a vitelogenina parece ter um papel importante por ser a proteína presente em maior quantidade na hemolinfa (AMDAM & ONHOLT, 2002).

A vitelogenina é a lipoglicoproteína precursora da gema do ovo, sintetizada no corpo gorduroso e descarregada na hemolinfa, pode ser detectada nas três castas das abelhas *Apis mellifera* (BITONDI, 1998; CREMONEZ, 2001). Nas rainhas a concentração desta proteína atinge 50% das proteínas da hemolinfa. Nas operárias, mesmo sem função reprodutiva na colônia, a vitelogenina é sintetizada ainda que em pequena quantidade, atingindo 20% das proteínas da hemolinfa (GUIDUGLI, et al. 2000; PINTO et al., 1999). Como a quantificação do mRNA para vitelogenina em rainhas e operárias não mostrou diferença significativa, é provável que as rainhas possuam uma maior capacidade de síntese de vitelogenina ou que nem todo mRNA produzido pelas operárias seja traduzido. O sistema de regulação gênica da vitelogenina é complexo e envolve hormônio juvenil e ecdisteróides (BITONDI, 1998; GUIDUGLI et al., 2000). A ação de outros hormônios e sua influência na titulação de proteína na hemolinfa tem sido estudada. A serotonina reduz o título de vitelogenina e proteína total enquanto que a dopamina, octopamina e proctolina não afetam significativamente a proteína total (GUIDUGLI et al. 1998).

Nas operárias a vitelogenina é armazenada no corpo gorduroso, ovários e glândula hipofaríngea. Uma vez que as operárias não se reproduzem, é possível que no processo evolutivo, quando as abelhas deixaram a vida solitária e passaram a viver em sociedade, as fêmeas que não são responsáveis pela reprodução tenham passado a usar a vitelogenina como fonte de reserva de aminoácidos, lipídios e zinco para vários fins metabólicos. Em períodos de escassez de alimento a vitelogenina armazenada no corpo gorduroso é capaz de suportar a produção do alimento larval por uma semana (AMDAM & OMHOLT, 2002).

Em condições normais a vitelogenina é sintetizada nas operárias a partir de três dias de idade, desaparecendo em operárias mais velhas em consequência do aumento da concentração de hormônio juvenil e drástica queda no consumo de pólen (PINTO et al., 1999; AMDAM & OMHOLT, 2002). É possível que a síntese dessa proteína nas operárias campeiras seja reduzida devido à indisponibilidade de aminoácidos que ocorre nessa fase, causada pelo aumento da taxa metabólica e *turnover* de aminoácidos (AMDAM & OMHOLT, 2002).

No período de maior síntese, a quantidade de proteína derivada da vitelogenina na glândula hipofaríngea (25 a 60%) atinge o pico no 7º dia e permanece constante a partir de então. No início da atividade campeira o teor dessa proteína diminui mais rapidamente no corpo gorduroso do que na hemolinfa (AMDAM & OMHOLT, 2002).

A máxima titulação de vitelogenina nas operárias é 300 µg dia⁻¹ e o consumo de proteína nas nutrizes é estimado em 400 µg dia⁻¹ (AMDAM & OMHOLT, 2002). Segundo Cremonez et al. (1998), o teor de vitelogenina na hemolinfa das operárias com seis dias de idade possui grande variação e está diretamente correlacionado com teor de proteína do organismo e do alimento fornecido, sendo o teor de vitelogenina um parâmetro rápido, prático, preciso e de baixo custo para avaliar a eficiência nutritiva do alimento.

Barchuk et al. (2000b), verificaram que os níveis de proteína e vitelogenina na hemolinfa das rainhas até dez dias de idade são maiores quando a dieta oferecida é rica em proteína. Nas operárias esta diferença pode ser observada antes dos seis dias de idade da abelha adulta. Segundo os autores as rainhas possuem maior capacidade que as operárias de suprir os efeitos de uma dieta desbalanceada, por isso os efeitos da ausência de proteína se manifestam progressivamente somente depois do sétimo dia de idade, quando as reservas passam a ser insuficientes. Embora a síntese de vitelogenina esteja relacionada com a concentração de hormônio juvenil e consumo de uma dieta rica em

proteína, não há relação entre o consumo de proteína e a titulação de hormônio juvenil na hemolinfa (BITONDI, 1998).

Segundo Parra (1986), é a quantidade e qualidade disponível do nitrogênio no alimento que limita o crescimento e fecundidade dos insetos, uma vez que este elemento é importante em todos os processos metabólicos e na codificação genética. A quantidade de nitrogênio utilizada para criar uma operária é 3,21 mg, entretanto, a operária recém emergida possui em média, 1,48 a 1,73 mg de nitrogênio (HAYDAK, 1935). Quando o alimento fornecido às abelhas tem baixa digestibilidade, o aumento do nitrogênio corporal é lento (HAYDAK, 1936).

2.5.2. Carboidratos

Apesar de proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais serem essenciais para a criação de larvas e desenvolvimento de abelhas novas, as abelhas mais velhas podem sobreviver somente com carboidratos e água. Todos os outros nutrientes são catabolizados dos estoques armazenados durante o período de crescimento (HAYDAK, 1970; STANDIFER et al., 1977). Os carboidratos são importantes no fornecimento de energia, que será usada na síntese de matéria orgânica, contração muscular, condução de impulsos nervosos, produção de aminoácidos, produção de cera, entre outros (STANDIFER et al., 1977; DIETZ, 1975).

O glicogênio estocado no corpo gorduroso e o alimento contido na bolsa de mel são as fontes energéticas usadas pelas abelhas (SNODGRASS, 1953; CRAILSHEIM, 1988a e 1988b). Contudo, nem todo açúcar pode ser metabolizado. A glicose, frutose, sacarose, maltose, trealose e melezitose podem ser utilizadas pelas abelhas adultas, sendo que os quatro primeiros são usados com maior eficiência (STANDIFER et al., 1977; ZUCOLOTO, 1994). Observa-se um efeito tóxico acumulativo dos seguintes açúcares, na ordem decrescente: rafinose, galactose, ácido glucurônico, ácido galacturônico e ácido poligalacturônico. São igualmente tóxicos: lactose, estaquiase e pectina (BARKER, 1977). As abelhas não utilizam, ainda, manose, dextrina, inulina, ramanose, xilose e arabinose (STANDIFER et al., 1977; ZUCOLOTO, 1994).

Apesar de alguns autores considerarem que a manose interrompe o metabolismo da glicose e por isso seria tóxica às abelhas (SOLS et al., 1960, citado por DIETZ, 1975), Handel (1971) verificou que a manose é completamente oxidada, contudo em

uma velocidade muito menor que a glicose, sendo que o metabolismo deste último não é afetado pela manose. Embora a glicosefosfatase esteja presente em uma quantidade cem vezes maior que a manosefosfatase, no organismo das abelhas a manosefosfatase é dez vezes mais ativa do que o requerimento máximo da oxidação da manose.

O teor médio de açúcar na hemolinfa das operárias adultas é 2% (DIETZ, 1975). Análises cromatográficas demonstram que frutose, glicose e trealose são os açúcares presentes em maior quantidade na hemolinfa. A concentração de trealose é 70 mg/ml de hemolinfa. A sacarose foi observada apenas ocasionalmente (WOODRING et al. 1993; LETA et al. 1996; BLATT & ROCES, 2002). Os níveis de glicose e frutose se elevam na hemolinfa com o aumento da taxa metabólica igual ou maior que 4,5 ml CO₂ h⁻¹, enquanto que o nível de trealose é reduzido, pois a síntese desse monossacarídeo no corpo gorduroso é lenta, tendo um valor máximo de 5,54 mg glicose h⁻¹ (BLATT & ROCES, 2001).

A concentração de açúcar no alimento influencia a taxa de trealose na hemolinfa. A titulação desse dissacarídeo em uma taxa metabólica variando de 1 a 4,2 ml CO₂ h⁻¹ é 29,7 ± 4,9 mg ml⁻¹ quando o alimento fornecido possuía 15% de sacarose; 36,4 ± 2,5 mg ml⁻¹ quando as abelhas se alimentavam de solução de sacarose a 30% e 41,4 ± 2,3 mg ml⁻¹ quando a solução de sacarose era 50%. Para suportar um metabolismo de 10 ml CO₂ h⁻¹, a taxa de transporte do alimento contido no proventrículo deve ser 12,3 mg h⁻¹ de açúcar ou 36,38 µl h⁻¹ de solução de sacarose a 30% (BLATT & ROCES, 2001).

Após a absorção da glicose e frutose para a hemolinfa, a glicose é transformada em trealose no corpo gorduroso e frutose é transformada em glicose na hemolinfa via hexoquinase e fosfoglicosiquinase (CANDY et al., 1997; BLATT & ROCES, 2002). A síntese de trealose requer ATP e UTP provenientes da oxidação de ácidos graxos (MCDUGALL & STEELE, 1988, citado por CANDY et al., 1997). O aumento da concentração de trealose na hemolinfa inibe a síntese de glicose (CANDY et al., 1997).

Dois minutos após o consumo a glicose já é incorporada à trealose (GMEINBAER & CRAILSHEIM, 1993). Os monossacarídeos podem, também, serem estocados como glicogênio ou serem degradados pela glicólise e fornecer ATP pela via das pentoses (CANDY et al., 1997). Na oxidação, glicose e frutose são metabolizadas a dióxido de carbono em taxas similares e 3-O-metilglicose não é metabolizado nas abelhas (CRAILSHEIM, 1988a).

Os carboidratos consumidos em excesso são estocados no corpo gorduroso. A quantidade de glicogênio no tórax e abdômen é menor nas abelhas com 7 a 14 dias de idade que em abelhas com 21 a 28 dias. Entretanto, independente da idade, a concentração de glicogênio é baixa; aproximadamente 5,5 a 10,0 μg por mg de hemolinfa, sendo que a principal fonte de reserva dos carboidratos é o proventrículo (LETA et al. 1996).

O teor total de glicogênio nas operárias é $0,13 \pm 0,03$ mg em operárias mais novas e $0,23 \pm 0,02$ mg em operárias com 28 dias, contudo operárias com 31 dias apresentaram um teor de 0,17 mg. Em zangões recém emergidos o total de glicogênio varia de $0,55 \pm 0,15$ mg a $0,59 \pm 0,06$ mg, esse valor decresceu até o quinto dia de idade atingindo aproximadamente 0,22 mg e aumentando novamente para 0,36 mg quando os machos atingiam a maturidade sexual. A quantidade de glicogênio encontrada na hemolinfa da rainha foi $0,20 \pm 0,05$ mg, estando o mesmo distribuído na cabeça, tórax e abdome na proporção 17, 28 e 35%, respectivamente (PANZENBOCK & CRAILSHEIM, 1997).

Comparado ao peso corporal, a quantidade de glicogênio nas abelhas é baixo, 0,10 a 0,30%, não sendo observado um aumento gradativo de acordo com a idade. O estoque de glicogênio é similar em rainhas e operárias, mas diferente nos zangões. Nas fêmeas o mesmo é estocado em menor quantidade na cabeça (PANZENBOCK & CRAILSHEIM, 1997).

Nos zangões, a exceção dos recém emergidos, a maior parte do glicogênio é estocado no cérebro, músculos mandibulares e olhos, principalmente nas células glia, podendo-se assumir que o glicogênio é usado na função de orientação dos olhos (PANZENBOCK & CRAILSHEIM, 1997). Segundo Tsacopoulos & Veuthey (1993, citado por WOLFERSBERGER, 2000) as células fotorreceptoras das abelhas não usam glicose como substrato. As células glia transformam a glicose em alanina e a síntese de alanina depende da glicólise. Tsacopoulos et al. (1994, citado por WOLFERSBERGER, 2000) propuseram que o glicogênio é uma alternativa da glicose-6-fosfato na via glicolítica, reduzindo a dependência de glicose externa nas células glia. É provável que nos machos o glicogênio seja usado, também, para síntese do muco e para completar a maturação sexual, por isso seu teor na hemolinfa é reduzido nos zangões mais velhos (PANZENBOCK & CRAILSHEIM, 1997).

As reservas calóricas das abelhas campeiras são suficientes para 15 a 60 minutos de vôo, a concentração de glicose e trealose diminuem em 50% após 30 minutos sem

alimentação, mas a concentração normal se restabelece 10 minutos após a alimentação (WOODRING et al. 1993).

O movimento dos açúcares do ventrículo para a hemolinfa é rápido, sendo possível, ainda, que os carboidratos contidos no intestino continuem sendo absorvidos, provendo as abelhas de energia adicional (ROCES & BLATT, 1999; BLATT & ROCES, 2001). Evidências indicam que hormônios secretados pelo *corpora cardíaca* são responsáveis pela mobilização do açúcar proveniente da alimentação e dos tecidos reservas (WOODRING et al. 1993).

Roces & Blatt (1999) observaram que soluções de sacarose a 30% e de glicose a 30% provocam um efeito similar na taxa metabólica das abelhas. Contudo soluções de sacarose a 15% não são capazes de sustentar taxas metabólicas maiores que 6,2 ml CO₂ h⁻¹, fazendo com que as abelhas necessitem consumir a trealose existente na hemolinfa para suprir a demanda energética (BLATT & ROCES, 2001).

Medindo o *turnover* energético das abelhas, Stabentheirner et al. (2003) observaram que o consumo de oxigênio pode variar de 131,40 µlO₂ min⁻¹ para 14,70 µlO₂ min⁻¹ de acordo com a temperatura ambiente e a atividade da abelha. Esse consumo é menor nas temperaturas mais altas e nas abelhas mais novas, que geralmente se ocupam das tarefas internas das colônias. No decorrer do dia a taxa metabólica e o consumo de oxigênio também são diferenciados, sendo o consumo menor à noite (3,4 w kg⁻¹, do que durante o dia - 33,5 w kg⁻¹) (SOUTHWICK, 1982).

2.5.3. Lipídeos

Os insetos acumulam os lipídeos para serem usados nos estágios de desenvolvimento em que não ocorre alimentação (DADD, 1973). Além da função energética, os lipídeos são importantes na síntese de hormônios, impulsos nervosos, reserva energética e função estrutural (ZUCOLOTO, 1994). Os insetos sintetizam lipídeos a partir de proteínas e carboidratos. Apesar dos lipídeos não serem normalmente constituinte das dietas, alguns ácidos graxos essenciais como os ácidos linoleico e linolênico não são sintetizados (DADD, 1973; PARRA, 1986). A redução de lipídeos da dieta compromete a taxa de desenvolvimento normal da cria (WINSTON, 1987).

Esterol, ácidos graxos livres, triglicerídeos, ésteres esterol, hidrocarbonos, metil-ésteres e fosfolipídios, compõem os lipídeos das larvas de *Apis cerana*. Os triglicerídeos

são os lipídeos presentes em maior proporção, independente do valor nutricional do pólen. Entre os fosfolipídios, fosfatidil etanolamina, lisofosfatidil etanolamina, serina fosfatidil e colina fosfatidil são os maiores componentes (SINGH & SINGH, 1996).

Embora importantes no transporte de lipídeos, como componente da membrana celular e na síntese de colesterol, devido à falta de enzimas, os esteróis não podem ser sintetizados pelos insetos (DADD, 1973). Contudo o pólen possui quantidade de esterol para suprir as necessidades das abelhas (WINSTON, 1987).

Os corpos cetônicos estão presentes na hemolinfa dos insetos e são utilizados como substrato no cérebro. A quantidade de 3-hidroxiacetato é maior do que a quantidade do acetoacetato, contudo, a concentração do acetoacetato na hemolinfa aumenta durante o vôo. Pesquisas indicam que hormônios liberados pelo *corpora cardiaca* aumentam a cetogênese e induzem a mobilização dos lipídeos. Embora na maioria dos insetos a enzima que cataliza succinil-CoA para acetoacetato seja ATP específica, nas abelhas pode ser usado GTP sendo a enzima ativada quando a razão GTP:GDP é alta (McCLELLAN & OTTAWAY, 1980).

Os isoprenóis, como o hormônio juvenil e as ubiquinonas, são sintetizados nos insetos como intermediários na via de formação do colesterol a partir do acetato. Nessa via é formado mevalonato, farnesil, esqueleno e lanosterol. Existe, contudo, inibição ou falta de enzimas que possam realizar o processo contrário, sintetizando esteróis desses componentes (DADD, 1973).

No organismo dos insetos o colesterol é utilizado para formação de hormônios, sendo o precursor do hormônio da ecdise, na estrutura da parede celular e no transporte de lipídeos. Em insetos fitófagos o estigmaesterol é convertido em colesterol formando vários intermediários (DADD, 1973) Contudo, segundo Cremonez (1996) apesar de ser essencial o colesterol não é sintetizado nas abelhas, sendo necessário seu fornecimento na dieta.

Embora as abelhas *Apis mellifera* só se alimentem de produtos de origem vegetal, o alimento fornecido às larvas pelas nutrizas contém colesterol, campesterol, sitoesterol, estigmaesterol e 24-metilenocolesterol (SVOBODA et al., 1980). O fornecimento de dieta rica em esterol às abelhas adultas aumentou o colesterol das pupas de 2,2 para 17,2%. O alimento das nutrizas com dietas ricas em estigmaesterol provocou um aumento exorbitante desse nas crias. Independente da dieta oferecida 24-metilcolesterol é o esterol preponderante no organismo das pré-pupas. Sitoesterol e isofucosterol também sempre estão presentes, embora em quantidades menores. Esse

pool de esteróis encontrado nas crias de abelhas sugere a existência de um metabolismo exclusivo para sua utilização (SVOBODA et al., 1980).

Os corpos cetônicos só podem ser sintetizados no corpo gorduroso e embora possam ser oxidados em vários tecidos, os músculos das asas são os mais efetivos (CANDY et al., 1997). Os trigliceróis do corpo gorduroso são hidrolisados em digliceróis e ácidos graxos para serem usados como energia (CANDY et al., 1997), esse ciclo será descrito posteriormente junto ao metabolismo de proteínas e carboidratos durante o vôo das abelhas.

Mesmo reconhecidamente importantes, recentemente o metabolismo dos lipídeos nas abelhas e até mesmo nos insetos não têm sido muito estudado. É importante retomar esses estudos, pois com o avanço da tecnologia e desenvolvimento de novas metodologias pontos obscuros no metabolismo podem ser esclarecidos, surgindo informações pertinentes para sua compreensão.

2.5.4. Vitaminas e sais minerais

Embora importantes vitaminas e sais minerais não são fatores limitantes para os insetos, já que a necessidade é mínima e estes nutrientes encontram-se bem distribuídos nas fontes naturais (STANDIFER et al., 1977). Como as exigências nutricionais são pequenas (quantidade traço) por vezes é difícil determinar a quantidade necessária ou a influência desses no metabolismo, pois qualquer impureza de outros componentes fornecidos pode satisfazer as necessidades exigidas (STANDIFER et al., 1977; PARRA, 1986).

Para os insetos é necessário o fornecimento das vitaminas lipossolúveis A, D, E e K e das vitaminas hidrossolúveis tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, piridoxina, ácido pantotênico, biotina, colina e ácido fólico (DADD, 1973; HERBERT Jr. et al., 1978). Krol (1993) observou que o fornecimento de vitamina B₁ aumenta a área de cria em 40% e a produção de mel em 30 a 45%.

Os insetos não podem sintetizar carotenóides, sendo necessário seu fornecimento na dieta. Importante na formação de pigmentos visuais, a vitamina A é oxidada a rodopsina e uma avitaminose causa a perda da sensibilidade visual (DADD, 1973; PARRA, 1986; PEPE & CUGNOLI, 1980). Quando o β -caroteno é suprido da dieta de insetos com pigmentação verde ou amarela, os mesmos passam a ter uma cor azulada (DADD, 1973).

Embora nos vertebrados a vitamina D facilite a absorção e o metabolismo do cálcio, como os insetos não necessitam de grande quantidade desse mineral, não se tem observado essa dependência (DADD, 1973).

A vitamina E, α -tocoferol, além de ter significado especial na reprodução de muitos insetos, afetando a embriogênese, o desenvolvimento dos espermatozoides e, em alguns casos, o crescimento larval, tem demonstrado ter efeito antioxidante, minimizando as conseqüências do metabolismo dos ácidos graxos (DADD, 1973).

A carnitina está envolvida na oxidação de ácidos graxos e na biossíntese de fosfolípidios. Exerce, também, importante função fisiológica no transporte de acetil coenzima A do citosol para a mitocôndria do inseto, contudo pode ser sintetizada pelos mesmos (DADD, 1973; PARRA, 1986).

Tiamina, riboflavina, ácido nicotínico, piridoxina, ácido pantotênico e carnitina participam dos processos metabólicos como componente da estrutura de algumas enzimas (PARRA, 1986). Dietas deficientes em tiamina e riboflavina reduzem a postura da rainha, longevidade das abelhas adultas, desenvolvimento da glândula hipofaríngea e o teor de nitrogênio corporal (HERBERT Jr. et al., 1978).

Segundo Horie & Nakasone (1968, citado por DADD, 1973) a biotina tem papel importante na síntese de ácidos graxos e sua redução na dieta de insetos reduz proporcionalmente a presença desses lipídeos nos tecidos.

O ácido fólico origina, pela ação da enzima ácido dihidrofólico redutase, tetrahidrofolato que está envolvido na síntese de nucleotídeos, contudo como a necessidade de ácido fólico é mínima, demonstrar sua necessidade para os insetos é difícil (DADD, 1973).

Utilizada como co-fator em transaminase, quando a piridoxina é retirada da dieta das abelhas o desenvolvimento larval é interrompido (BARLOW, 1962, citado por DADD, 1973; DIETZ, 1975).

A carnitina é usada ativando intermediários na oxidação dos ácidos graxos e biossíntese de fosfolípidios (GILBERT, 1968, citado por DADD, 1973). Embora muitos insetos estejam habilitados a sintetizar essa vitamina, por vezes é necessário o fornecimento exógeno (DADD, 1973).

O ácido pantotênico é necessário para diferenciação de castas e a riboflavina e o ácido nicotínico são vitais para iniciar a criação das larvas (STANDIFER et al., 1977). O desenvolvimento larval depende, também, das vitaminas lipossolúveis, piridoxina,

inositol. O enriquecimento de dietas com estas vitaminas aumenta a sobrevivência da cria (COUTO, 1998).

O inositol é um componente fosfolipídico (DADD, 1973; PARRA, 1986). Os requerimentos de colina e inositol sugerem que eles não atuem no organismo dos insetos como vitaminas. Exigidos em doses muito maiores que as vitaminas típicas, são essenciais a todos os insetos (PARRA, 1986). Embora várias estruturas similares à colina possam ser usadas pelos insetos, essas estruturas não possuem a mesma eficiência (DADD, 1973).

A colina, além de ser precursora do neurotransmissor acetilcolina, participa de diversas reações de transaminação, é um subcomponente da lecitina e de fosfolipídios, estando envolvida na estrutura da membrana lipídica no transporte de lipoproteínas. (DADD, 1973; PARRA, 1986). Os dados sobre síntese de colina são contraditórios, segundo Parra (1986) essa vitamina não é sintetizada pelo inseto apesar de ser exigida em grande quantidade. Contudo, segundo Dadd (1973), é provável que todos os insetos sintetizem colina a partir da transaminação do etanolamina, originado da glicina via serina.

Os sais minerais são importantes para o balanço iônico e permeabilidade das membranas nos insetos, atuando também como ativador enzimático e fazendo parte da estrutura de alguns pigmentos (PARRA, 1986). São considerados essenciais cobre, ferro, zinco, potássio, fósforo, magnésio, manganês, sódio, cálcio, cloro, iodo, cobalto e níquel (STANDIFER et al., 1977; PARRA, 1986). Dietz (1975) sugere a inclusão de sais minerais na alimentação das abelhas. Entretanto, o consumo dos mesmos em excesso afeta negativamente as abelhas adultas. Segundo o autor a adição de 0,2 a 0,5% de NaCl e 0,2% de KCl na alimentação das abelhas aumenta a atividade das enzimas amilase e lipase, auxiliando na digestão do pólen.

O corpo das abelhas é rico em potássio e fósforo e o alimento larval em fósforo e enxofre. O fornecimento de alimento com escassez destes minerais prejudica a produção de cria (HAYDAK, 1936). Para o crescimento os insetos necessitam de grande quantidade de potássio, fósforo, ferro e magnésio e quantidades menores de cálcio e cloro (DADD, 1973; PARRA, 1986).

O processo de oogênese, espermatogênese e síntese de hormônios nos insetos necessita da presença de vitaminas do complexo B, sódio, potássio, cloro e esterol (ZUCOLOTO, 1994).

Em alguns insetos o potássio é usado no intestino médio para o transporte de alguns aminoácidos até a membrana celular e o transporte de γ -aminobutirato (GABA) é dependente do sódio e do cloro (WOLFERSBERGER, 2000).

A quantidade de zinco presente na hemolinfa está fortemente correlacionado com a titulação de vitelogenina na mesma (AMDAM & OMHOLT, 2002).

O cálcio é importante na transdução de alguns sinais informativos no sistema nervoso (MENDES et al., 2001).

A presença do ferro no corpo das abelhas vem aguçando a curiosidade dos pesquisadores, pois se supõe que o mesmo seja usado na orientação durante o vôo, captando ondas eletromagnéticas. Keim et al. (2002) observaram a presença de grânulos ricos em ferro no corpo gorduroso de rainhas de *Apis mellifera* e *Sacptotrigona postica*, contudo a elevada quantidade de fosfato deve dificultar a percepção magnética destes grânulos, que devem ocorrer também em outros órgãos do corpo, possivelmente nos pêlos presentes no dorso do abdome. Apesar de ser essencial, o metabolismo do ferro libera radicais livres que prejudicam os componentes das membranas celulares, os ácidos nucléicos e outros (NICHOL et al., 2002).

2.6. Alimentação suplementar

Na ausência de floradas, quando a reserva de alimento na colméia for insuficiente, é aconselhável o fornecimento de alimentação artificial às abelhas (WIESE, 1986). Esse fornecimento no período da entressafra aumenta a postura da rainha, diminui a perda de peso das colméias e se relaciona positivamente com a produção de mel no período da safra (JEAN-PROST, 1981). Sem esta alimentação no início das floradas os enxames necessitam de 50 dias para se fortalecerem e começarem o aproveitamento dos recursos fornecidos, causando prejuízo ao apicultor (RAAD, 2002).

Segundo Rinderer & Elliott (1977) o fornecimento de alimento protéico aumenta a longevidade de operárias de *Apis mellifera* infestadas com esporos de *Nosema apis*. A alimentação artificial das abelhas durante a época de falta de néctar aumentou a produção de cera e quantidade de crias, fortalecendo as colméias para o início da florada (DURÁN et al., 1996). Lengler et al. (2000d) verificaram que para aumentar a produção de pólen é necessário fornecer um alimento energético-protéico, sendo a produção relacionada positivamente ao consumo da ração.

A quantidade de cria, o estado geral da colônia, a quantidade e qualidade de néctar e pólen coletados pelas abelhas determina a necessidade de fornecimento da alimentação suplementar (STANDIFER et al., 1977).

Taber (1996) considera que a ausência de cria de zangão é a chave para a alimentação protéica, uma vez que a postura de ovos que dariam origem aos mesmos é suspensa sempre que há escassez de alimento na colônia.

Segundo LENGLER (2000) as dietas energéticas e protéicas podem ser fornecidas nas diferentes épocas do ano. O fornecimento de açúcar com proteína deve ser realizado no período seco, com a finalidade de preparar as colônias para produção de mel, serviços de polinização, aumentar o número de colônias no apiário, incrementar a produção de cera e geléia real, produzir zangões para acasalamento das rainhas, prevenir intoxicação com o pólen do barbatimão (*Stryphnodendron* sp.) e do falso-barbatimão (*Dimorphandra mollis*) e para recuperação dos enxames (STANDIFER et al., 1977; CREMONEZ et al., 1998; RAAD, 2002).

Se o objetivo da alimentação é produzir rainhas ou enxames, a mesma deve ser iniciada seis a oito semanas antes do princípio dos trabalhos e se estender até que a rainha esteja com a postura estabelecida ou o enxame esteja produzindo (STANDIFER et al., 1977).

Quando o objetivo da alimentação é evitar a intoxicação com o pólen do barbatimão (*Stryphnodendron* sp.) ou do falso-barbatimão (*Dimorphandra mollis*), Raad (2002) recomenda que a ração seja fornecida 30 dias antes do período de florada. Para a produção de mel o autor recomenda que o alimento seja fornecido 90 dias antes da florada, com a substituição da rainha ocorrendo 30 dias após o início do fornecimento.

Diversas fórmulas alimentares já foram testadas para as abelhas, sendo importante observar sempre as características da palatabilidade, deterioração, custos, disponibilidade no mercado e valor nutricional (LENGLER, 2000; CREMONEZ, 2001). A atratividade do alimento tem sido o grande obstáculo para obter uma dieta substituta do pólen (CREMONEZ, 1996).

Vários parâmetros são usados para identificar o alimento mais eficaz: infestação do ácaro *Varroa jacobsonii* (GARCIA et al., 1986); produção de mel (ABBAS et al., 1995); consumo (NABORS, 1996); produção de cera (DURÁN et al., 1996); desenvolvimento e peso das colméias (SILVA, 1997); produção de geléia real e desenvolvimento da glândula hipofaríngea (AZEVEDO-BENITEZ & NOGUEIRA-COUTO, 1998); longevidade das operárias (HORR, 1998; CREMONEZ, 2001);

capacidade imunológica e teor protéico na hemolinfa das abelhas (CREMONEZ, 1996 e 2001), entre outros. Segundo Cremonez et al. (1998) a determinação do teor de proteína na hemolinfa é um método rápido e eficiente para estudar a eficácia das dietas em abelhas.

Cremonez (2001) considerou que o consumo do alimento não é um parâmetro adequado para avaliar a eficiência da dieta, uma vez que na falta do alimento, as abelhas podem coletar qualquer material no período de escassez de pólen, mesmo que não tenha valor nutritivo. Já a determinação da área de cria reflete a qualidade do alimento consumido.

Os alimentos substitutos mais usados para as abelhas são misturas contendo farinha de soja, leite em pó e levedura de cerveja, contudo, segundo Taber (1996), farinha de soja e leite em pó não devem ser fornecido às abelhas por serem tóxicos. Barker (1977) também considera que 40% dos açúcares contidos na soja são tóxicos para as abelhas. Sylvester (1979) verificou que a adição de 10% de lactose ou galactose aumenta a mortalidade e reduz a aceitabilidade do xarope de açúcar fornecida às abelhas. Apesar disso, esses dois ingredientes, farinha de soja e leite, são freqüentemente fornecidos para as abelhas.

Standifer et al. (1977) considerou que a levedura de cerveja, a levedura de cana-de-açúcar e a farinha de soja podem ser fornecidas às colônias de forma pura ou em combinação, já que são palatáveis, contém a quantidade de nutrientes necessários e alto valor protéico.

O fornecimento de alimento para as abelhas pode conter somente a fração energética, somente a fração protéica ou os dois, dependendo da disponibilidade de recursos naturais na região.

2.6.1. Alimentos energéticos

Apesar da quantidade de cria diminuir nas colméias quando a presença de pólen e mel é restrita, o estoque de mel ou o fornecimento de alimento energético são importantes para a produção de cria e coleta de pólen. A presença do alimento protéico não estimula a postura da rainha nas colméias que não dispõem de açúcar (BARKER, 1971; DOULL, 1975). Por outro lado o alimento energético, apesar de não sustentar a criação das larvas, estimula a postura da rainha e permite rápido crescimento dos enxames (STANDIFER et al., 1977; LENGELER et al., 2000b).

Suzuki et al. (1992) estudaram a aceitabilidade da sacarose, xilose, ribose, glicose, arabinose e frutose por abelhas africanizadas e concluíram que a glicose teve uma aceitação mais homogênea e que a presença de pentose leva a uma diminuição na aceitabilidade da dieta.

Rogers (1995), testando a sacarose e diversos açúcares comercializado nos Estados Unidos próprios para alimentação das abelhas, chegou à conclusão de que a sacarose e a mistura de 55% de frutose e 41% de glicose são os alimentos energéticos mais aceitos pelas abelhas.

Maldonado (1999) recomenda fornecer frutose no lugar da sacarose, pois este monossacarídeo é rapidamente absorvido, tem baixo custo, incentiva a puxada dos quadros, não fermenta e não incentiva a pilhagem. Contudo o autor adverte sobre os cuidados na aquisição do mesmo, pois o alimento de procedência duvidosa pode conter altos índices de hidroximetilfurfural (HMF), intoxicando as abelhas e matando todo o enxame.

Segundo Sanford (1996), as abelhas trabalham melhor quando são alimentadas com sacarose, quando comparado à frutose. Severson & Erickson Jr. (1984) não observaram diferença quanto ao consumo, produção de mel, ganho de peso, produção de cria no inverno, tamanho populacional e peso do corpo, cabeça, tórax e abdome em colméias alimentadas com sacarose, xarope de milho com 42 e 55 % de concentração de frutose.

Rogers (1995) afirma que o fornecimento de alto teor de frutose para as abelhas produz, posteriormente, ácidos e enzimas hidrolisadas que podem ser letais. Segundo o mesmo autor a glicose não é atrativa para as abelhas. Já Nabors (1996) verificou que a sacarose e glicose têm boa aceitação e podem ser fornecidas misturadas nas proporções de 4:1, 3:2 e 2:3, respectivamente.

Para o fornecimento da sacarose, Kerr & Amaral (1960) recomendaram o uso de açúcar cristal, mel e água na proporção de 1:1:2, respectivamente, como alimento estimulante de postura. Newmair et al. (1996) testaram diferentes fontes energéticas em dietas glico-proteicas e verificaram que açúcar mascavo, açúcar cristal e açúcar refinado proporcionaram rápido crescimento dos enxames em formação. Houve um efeito positivo nas colméias alimentadas à base de açúcar cristal quanto à produção de mel, já em relação à produção de cria esse efeito foi observado quando fornecida alimentação à base de açúcar refinado.

Couto (1998) recomenda como fornecimento de alimento energético o xarope feito de água e açúcar na proporção de 1:1 ou 2:3, respectivamente. Salomé et al. (2000), verificaram que os alimentos energéticos de menor custo, maior aceitação e durabilidade, com facilidade de preparo e fornecimento são o xarope invertido, o açúcar refinado e os torrões de açúcar. Horr (1998) acrescentou 0,5% de sal (NaCl) no xarope e observou um aumento da longevidade das abelhas (uma média de 10,2 dias) e da produção de cera, 40%. Entretanto, níveis muito altos de sal reduziram a longevidade drasticamente.

Quanto ao consumo do alimento energético, Jean-Prost (1981) comparando colméias que não foram alimentadas, porque possuíam grande quantidade de mel estocado, com colméias alimentadas com xarope de água e açúcar na proporção de 1:1, verificou um consumo maior nas colméias alimentadas e atribuiu esse a concentração energética do xarope, que é menor do que a do mel.

Kerr & Amaral (1960) consideram não haver regras sobre a quantidade de xarope a ser ministrado para as abelhas, aconselham fornecer o alimento estimulante somente duas vezes, com um intervalo de 15 dias entre a primeira e a segunda alimentação, fornecendo-se a cada vez 700g de açúcar por colméia.

Standifer et al. (1977) e Sanford (1996) recomendam que as colméias recebam alimento energético sempre que estiverem com menos de dois quadros de ninho com mel ou pesando menos de 80 libras, aproximadamente 36,28 kg. Jean-Prost (1981) considera que as colméias devem ser alimentadas quando tiverem menos de 7 kg de alimento estocado.

Pesante et al. (1992) observaram aumento no desenvolvimento da colméia após o fornecimento de alimentação à base de xarope com 50% de sacarose na quantidade de 1 litro duas vezes por semana.

Marchini et al. (1996) alimentando as colméias com xarope de açúcar a 50% verificou que para a construção de favos e produção de mel é necessário o consumo de 37 kg de açúcar num período de 51 dias.

Maldonado (1999) recomenda o fornecimento de 4 a 6,6 litros de frutose a 70% fornecida de uma única vez para manter as colméias após a colheita. Para estimular a postura, o autor recomenda fornecer 2 a 4 litros/semana de xarope de frutose a 50% por 2 ou 3 meses. Antes da colheita ou para a polinização Maldonado (1999) recomenda fornecer 2 a 4 litros de xarope de frutose a 55%.

Ao fornecer alimento energético às colméias o apicultor deve se cercar de cuidados para não incentivar a pilhagem. Assim, o alimento deve ser fornecido ao final da tarde, sem estressar as abelhas e o alvado deve ser reduzido (STANDIFER et al., 1977).

2.6.2. Alimentos protéicos

Alimentos protéicos eficientes para as abelhas devem ter um bom consumo e conter a quantidade de proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais requerido para o crescimento e desenvolvimento e reprodução (STANDIFER et al., 1977). Nenhuma dieta testada para substituir o pólen foi completamente eficiente (COUTO, 1998), entretanto, as pesquisas realizadas até o momento só se preocuparam com o teor de proteína bruta contida no alimento, não havendo um balanceamento de outros nutrientes.

Rações com todos os aminoácidos essenciais e outros ingredientes necessários em sua fórmula pura podem ter um custo proibitivo, entretanto, muitos alimentos disponíveis no mercado para homens e animais podem ser testados (CREMONEZ, 1998).

Taber (1996) recomenda que as abelhas sejam suplementadas com uma mistura de pólen, açúcar granulado, levedura de cerveja e água. Alimentos suplementares adicionados com pólen são mais aceitos que alimentos sem pólen. Quanto maior a quantidade de pólen presente na ração, melhor é o resultado. Entretanto, o armazenamento do pólen reduz suas propriedades nutritivas, sendo que a melhor forma de estoque é o congelamento (DIETZ, 1975; SANFORD, 1996). Herbert Jr. & Shimanuki (1982) compararam o desempenho de colméias alimentadas com pólen armazenado por mais de um ano e pólen fresco e verificaram que nas colméias que receberam o pólen armazenado o consumo do alimento e produção de cria foi menor, pois o processo de secagem e estocagem em freezer reduz as vitaminas ou aminoácidos do pólen.

É importante também saber a origem do pólen e se certificar que ele não esteja contaminado, evitando que este seja vetor de doenças nas colméias (STANDIFER et al., 1977; SANFORD, 1996). A simples exposição do pólen ao meio ambiente já pode contaminá-lo com mercúrio ou outros metais pesados, podendo ser letal para as abelhas (SANFORD, 1996).

Para usar o pólen em rações pastosas é necessário, primeiramente, diluí-lo em água para desfazer os *pellets*, pois os mesmos não se desmancham em xarope (STANDIFER et al., 1977).

Couto (1998) recomendou para fornecimento de alimento protéico 10% de pólen seco e moído, 25% de açúcar, 50% de farelo de soja e 15% de mel. A essa mistura pode-se acrescentar água até que fique com a consistência de massa de pão. O apicultor deve fornecer 100 a 200 g/semana/colméia.

Entretanto nem sempre é possível o apicultor dispor de pólen para fornecê-lo puro às suas abelhas ou misturado na composição de alguma ração.

Haydak (1933, citado por HAYDAK, 1945) estudando a substituição do pólen por levedura seca, farinha de centeio, leite integral e leite desnatado em pó, ovo, gema de ovo e clara de ovo, verificou que as abelhas novas conseguem um desenvolvimento corporal aproximadamente normal com esses alimentos. A farinha de centeio não obteve o resultado satisfatório no desenvolvimento do corpo e na produção de cria. A maior mortalidade foi observada com este alimento (52%) e a menor com levedura (15%).

As abelhas têm um desenvolvimento corporal normal quando alimentadas com farinha de carne e caseína comercial. O fornecimento de farinha de semente de algodão, farinha de carne, farinha de trigo integral e farinha de aveia integral causam um desenvolvimento corporal lento e a alimentação das colméias com farinha de milho, farinha de peixe e farinha de ervilha resultam em um desenvolvimento ainda mais lento. Desses alimentos somente a farinha de carne e farinha de semente de algodão forneceram condições para produção de cria nas colônias (HAYDAK, 1936). Embora o consumo da farinha de milho seja alto, as colméias que recebem esse alimento possuem abelhas agitadas e alta taxa de abandono (HAYDAK, 1936). O fubá de milho é usado por vários apicultores como alimento protéico, contudo, esse alimento possui baixo teor de proteínas, triptofano e lisina, aminoácidos essenciais para as abelhas (CREMONEZ, 1996).

Haydak (1945) observou que a maioria das larvas dos núcleos de *Apis mellifera* alimentadas com leite em pó e farinha de soja na proporção de 1:4 morriam antes de 2,5 dias após a eclosão. No mesmo experimento o autor verificou que embora a farinha de soja pura não seja um alimento eficiente para as abelhas, a mistura de farinha de soja, levedura e gema de ovo em pó obteve melhor resultado que o pólen. O autor atribuiu os

resultados negativos do leite em pó e da farinha de soja à deficiência de algum nutriente importante para o desenvolvimento larval.

Estudando a infestação do ácaro *Varroa jacobsonii* com diferentes alimentos protéicos, Garcia et al. (1986), verificaram que fornecimento de ração enriquecida com lisina e metionina não afetou a área de cria e a infestação. Couto (1998) recomenda a mistura de 70% de farelo de trigo e 30% de farelo de soja, perfazendo 25% de proteína bruta. Para aumentar a aceitação pode-se acrescentar 3 partes de mel para cada parte da mistura.

Segundo Azevedo-Benitez & Nogueira-Couto (1998) o pólen pode ser substituído por uma dieta artificial à base de 25,93% de glutenose de milho e 74,07% de farelo de polpa de *citrus*, sem comprometimento do desenvolvimento da glândula hipofaríngea e da produção de geléia real.

Lengler et al. (2000a) compararam o uso de pólen apícola e farinha láctea e observaram maior produção de mel nas colméias que receberam dieta contendo 60% de açúcar refinado, 20% de açúcar invertido, 10% de água, 5% de pólen e 5% de farinha láctea. Para Lengler et al. (2000c) o uso de terneron, alimento usado no desmame de bezerros, é recomendado por apresentar melhor resultado e menor custo que a farinha láctea.

Algumas empresas vêm tentando desenvolver ração comercial para as abelhas. Lengler et al. (2000b) testaram ração comercial e não verificaram diferença significativa na produtividade entre as colméias que receberam a ração pura ou misturada com açúcar invertido e as colméias que receberam somente o açúcar invertido.

Standifer et al. (1977), recomendam o fornecimento de 1,5 libras (0,6804 kg) de alimento protéico a cada 10 ou 14 dias. Estudando o requerimento de pólen em colméias de *Apis mellifera*, Crailsheim et al. (1992) observaram a necessidade de 13,4 a 17,8 kg/ano, entretanto, Bitioli & Chaud Netto (1992) verificaram que o consumo de alimento é proporcional à população.

O consumo diário de alimentos protéicos fornecidos para abelhas *Apis mellifera* pode variar de 22,2 a 67,8 g (CREMONEZ, 1996). Cremonez et al. (1998) testaram diversos alimentos para *Apis mellifera*, verificaram que a pasta contendo farinha de soja, caldo de cana fermentado e açúcar, nas proporções de 4:1:5, respectivamente, foi a mistura que mais se aproximou do pólen apícola fresco.

Testando novas dietas para *Apis mellifera* Cremonez (2001) verificou que a pasta de farinha de soja e levedura de cana-de-açúcar promove produção de cria nos mesmos

níveis do pólen. Em outro experimento a autora concluiu que tanto esta dieta como a mistura de farelo de soja com levedura de cana-de-açúcar e açúcar (3:1:6) podem ser fornecidos como alimento protéico pois provocam a síntese de proteína em níveis normais.

Para manutenção dos enxames após a colheita é recomendado fornecer 250 a 500 g de alimento com, no mínimo, 12% de proteína bruta. Em colméias debilitadas em cria pode ser fornecido 1 kg de alimento. Para estimular o crescimento dos enxames, pode-se fornecer 300 a 500 g de alimento com 25% de proteína bruta por 4 a 6 semanas antes da florada. Após o fortalecimento das colméias, em floradas com baixo teor de pólen, fornecer 200 a 300 g de alimento por semana, com 12% de proteína bruta Maldonado (1999).

Raad (2002) observou que ao fornecer alimento protéico às abelhas, o consumo pode chegar a 100 g/dia nos primeiros quatro dias. Após este período o consumo é reduzido para 20 a 40 g/dia. Contudo, segundo o autor, é a regularidade do fornecimento, e não a quantidade, que promove o desenvolvimento do enxame. Lengler (1999, 2000) observou o consumo do alimento energético-protéico em 100g/dia/colméia, entretanto, alimentos pastosos de consistência mais líquida são mais consumidos (LEGLER et al., 2000d).

2.6.3. Alimentadores

Segundo Standifer et al. (1977) e Pereira (1997) o alimento suplementar deve ser fornecido em alimentadores individuais, pois os coletivos, embora mais práticos, acabam fornecendo alimento para enxames naturais ou de vizinhos que estejam instalados por perto; incentivam o saque; pode ser uma fonte de transmissão de doenças e favorecem mais as colônias fortes do que as fracas. Raad (2002), ainda considera como desvantagem do alimentador coletivo as perdas significativas de abelhas por afogamento ou brigas ocorridas no alimentador e o consumo do alimento por outros insetos, pássaros e pequenos mamíferos. Como vantagem desse modelo de alimentador o autor cita a praticidade e o baixo custo inicial.

Brandeburgo (1992) observou que usando alimentador coletivo em apiários de *Apis mellifera* apenas uma colméia coletou o xarope, dominando o alimentador. Entretanto, Brighenti & Guimarães (2000) consideraram que devido a facilidade de manejo e rapidez de trabalho, os alimentadores coletivos são a melhor opção. Sendo

assim, os mesmos recomendam o alimentador modelo Brighenti, que apesar de coletivo, fornece alimento individualmente às colônias, não provocando pilhagem.

Apesar do custo inicialmente alto, Raad (2002) considera os modelos de alimentadores individuais os mais recomendados pois eliminam a competição na fonte de alimento; não provocam pilhagem; reduzem a mortalidade de abelhas e possibilita o fornecimento da quantia exata de alimento necessário para o desenvolvimento de cada enxame.

Kerr & Amaral (1960) consideraram o alimentador tipo Doolittle o mais prático. Maldonado (1999) cita como vantagens do alimentador tipo Boardman modificado: a possibilidade do fornecimento de alimentação sem a necessidade de abrir as colméias; rápida distribuição no campo; por ser externo, não ocupa espaço dentro da colméia e não há mortalidade de abelhas por afogamento.

Lengler (1999) observou maior produção de mel na primavera quando foi utilizado alimentador de cobertura do que o alimentador Doolittle. Lengler (1999, 2000b) recomenda o alimentador de cobertura com corte paralelo ao alvado por deixar o alimento mais próximo da área de cria, resultando em um transporte mais rápido do mesmo.

2.6.4. Alimentação suplementar no Nordeste

No Nordeste, de uma forma geral, quando chega o período da estiagem diminui a florada e o alimento dentro da colméia, acarretando sérios prejuízos para os enxames e apicultores (PEREIRA, 1997).

Entre os alimentos usados pelos apicultores estão a rapadura de cana-de-açúcar, xarope de água e açúcar, farelo de soja, achocolatado em pó, farinha láctea, jatobá (*Hymenaea* spp.), ração de postura para galinha, ração de codorna (OLIVEIRA & SOUZA, 1996; PEREIRA et al. 2000; PEREIRA, 2002; MELLO & PEREIRA, 2004) e sucedâneo do leite para bezerro (*informação verbal*¹). Contudo, a desinformação e escassez de pesquisas nesta área contribuem para que a maior parte dos apicultores não forneça alimento para seus enxames.

Com o intuito de contribuir para resolver este problema, Oliveira & Souza (1996) estudaram o uso de jatobá (*Hymenaea* spp.) na alimentação de *Apis mellifera* e concluíram que, por apresentar um baixo teor de proteína bruta, o seu uso não é recomendado *in natura*, podendo ser utilizado somente na formulação de alimentos

¹ Informado por Arnaldo Wenzel em conversa particular durante o X Seminário de Apicultura Piauiense realizado em Picos, no período de 17 a 18 de agosto de 2003.

alternativos. Entretanto, segundo Silva (1997) a alimentação com pasta de jatobá (*Hymenaea* spp.) possui resultados efetivos, proporcionando um maior ganho de peso das colméias e um aumento na postura da rainha.

Rêgo et al. (1998), utilizou diferentes misturas de alimentos regionais para *Apis mellifera* e observou boa aceitação da farinha de casca e semente de acerola (*Malpighia glabra*), farinha de arroz (*Oryza sativa*) e farinha de milho (*Zea mays*).

Alencar (1997), concluiu que a suplementação alimentar de abelhas no período de escassez de floradas pode ser realizada com xarope de água e açúcar ou rapadura de cana-de-açúcar, sendo que esta apresenta algumas vantagens como maior dificuldade de fermentação, fornecimento em intervalos de tempo mais longos e abastecimento direto, sem necessidade de misturas prévias, além do baixo custo, pois a rapadura é um alimento regional de fácil aquisição.

Contudo, é necessário que o produtor fique atento para a real necessidade do fornecimento de alimentação, pois em algumas regiões, como no município de Paramirim, RN, ocorre desenvolvimento dos enxames, mesmo no período de escassez de alimento (RODRIGUES et al., 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida entre março de 2001 a janeiro de 2005 no Núcleo de Pesquisa com Abelhas (NUPA) da Embrapa Meio-Norte, que possui sede em Teresina e apiários experimentais em Castelo do Piauí.

O município de Castelo do Piauí fica localizado na microrregião de Campo Maior a 250 m de altitude, 5°20' S de latitude e 41°34' W de longitude. A vegetação local é constituída de zona de transição entre cerrado e caatinga e de formações arbustivas e/ou arbóreas caducifólias espinhosas (Caatinga arbustiva e Caatinga arbórea). O clima subúmido seco com déficit hídrico moderado tipo C1wA'4a' possui uma precipitação anual aproximada de 1.035 mm, evapotranspiração potencial de 1.570 mm, evapotranspiração real 803 mm, déficit hídrico de 767 mm ocorrendo em oito meses do ano e excedente hídrico anual de 200 mm ocorrendo entre os meses de março e maio (CEPRO, 1990, 1992).

O município de Teresina está situado na microrregião do Baixo Parnaíba Piauiense a 79 metros de altitude, 5°05' S de latitude e 42°49' W de longitude. A vegetação local é formada por florestas mistas subcaducifólicas, mata de babaçu (*Orbygnia martiana*) mediamente densa e rarefeita com alternância de cerrado, capoeiras, culturas e contato entre cerrado e caatinga. O clima é do tipo C1wA'5a' subúmido seco com moderado déficit hídrico, precipitação anual aproximada de 1.281 mm, evapotranspiração potencial de 1.735 mm, evapotranspiração real 975 mm, déficit hídrico de 760 mm ocorrendo em oito meses do ano e excedente hídrico anual de 306 mm ocorrendo entre os meses de março e maio (CEPRO, 1990, 1992).

3.1. Seleção e processamento dos componentes da ração

Para seleção dos componentes testados quanto à viabilidade no uso da formulação das rações foram considerados os alimentos fornecidos às abelhas pelos apicultores, a facilidade dos mesmos serem colhidos, produzidos ou encontrados comercialmente na região e a preferência natural das abelhas, medida por observações empíricas.

Dessa forma, iniciou-se o trabalho usando folhas de mandioca (*Manihot esculenta*) e de leucena (*Leucaena leucocephala*) para produção de feno; vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) e de bordão-de-velho (*Pithecellobium cf. saman*) para

produção de farinha; farelo de babaçu (*Orbygnia martiana*) e sucedâneo do leite para bezerros da marca Purina®.

O desempenho destes componentes foi comparado com o desempenho do pólen apícola adquirido da COORPEPÓLEN, Cooperativa de Pólen do Brasil, localizada na cidade de Canavieiras, Bahia, havendo predominância do pólen de *Palmae*.

3.1.1. Preparo do feno

O feno foi preparado com folhas de leucena e mandioca que foram colocadas para secar por 24 horas à sombra e, após este período, tiveram o pecíolo eliminado. Em seguida as folhas murchas foram levadas para uma estufa de secagem de ar forçada a 60°C, onde permaneceram por mais 24 horas. Após esse tempo as mesmas foram processadas em um moinho modelo Willy e passadas em uma peneira com granulometria de 2 mm, produzindo uma farinha fina.

3.1.2. Preparo das farinhas

Após a colheita, as vagens de algaroba (*Prosopis juliflora*) e de bordão-de-velho (*Pithecellobium cf. saman*) foram levadas à estufa de secagem a 60°C, onde permaneceram por 72 horas ou até que estivessem desidratadas o suficiente para serem processadas no moinho modelo Willy e passadas em uma peneira com granulometria de 2 mm, a exemplo do que ocorreu com o feno.

3.1.3. Preparo do farelo de babaçu e utilização do sucedâneo do leite

O farelo de babaçu é facilmente encontrado no comércio de Teresina, em lojas de venda de produtos agropecuários, onde é conhecido como "ralão". Subproduto da extração industrial do óleo de babaçu, esse produto de baixo custo necessitou ser processado para que pudesse ser fornecido às abelhas. O processamento foi realizado da mesma forma já descrita para o preparo das farinhas de algaroba e bordão-de-velho.

O sucedâneo do leite da marca Purina® também é facilmente encontrado em locais que comercializam ração para gado. Já finamente moído, não exige processamento sendo fornecido para as abelhas por alguns grandes apicultores do Piauí (*informação verbal*¹).

Segundo o fabricante, o sucedâneo utilizado possui em sua composição leite desnatado em pó, óleo vegetal, quirera de arroz, cloreto de sódio, lactose, fosfato

¹ Informado por Arnaldo Wenzel em conversa particular durante o X Seminário de Apicultura Piauiense realizado em Picos, no período de 17 a 18 de agosto de 2003.

monocálcico, soro de leite, proteína texturizada de soja, carbonato de cálcio, aditivo antioxidante, aditivo promotor do crescimento e premix vitamínico mineral. Apesar de não ser informado a quantidade de cada componente da formulação, o fabricante garante que o produto possui 6% de umidade, 21% de proteína bruta; 9% de extrato etéreo; 2% de matéria fibrosa; 8,5% de material mineral; 1,5% de cálcio e 0,6% de fósforo.

3.2. Análise dos componentes

Após o processamento, os componentes selecionados foram testados quanto à toxicidade e analisados quanto aos teores de proteína bruta (PB), açúcares livres totais (AST), aminoácidos totais e teores dos aminoácidos livres: glicina (Gli), alanina (Ala), valina (Val), leucina (Leu), isoleucina (Ile), fenilalanina (Fen), treonina (Tre), serina (Ser), metionina (Met), asparagina (Asx), glutamina (Gln), aspartato (Asp), glutamato (Glu), lisina (Lis), arginina (Arg), histidina (His), asparagina (Asn) e γ -aminobutirato (GABA).

3.2.1. Toxicidade

A toxicidade dos alimentos foi medida pelo índice de mortalidade (IM) e tempo médio de mortalidade (TMM) das abelhas confinadas e alimentadas com feno de leucena, feno de mandioca, farinha de algaroba, farinha de bordão-de-velho, farelo de babaçu e sucedâneo do leite.

Para essa avaliação, colocou-se em uma estufa quadros de colméias de *Apis mellifera* contendo pupas prestes a nascer. A temperatura interna da estufa e a umidade relativa foram controladas para 34°C e 67%, respectivamente. Após a emergência, as operárias foram confinadas em gaiolas de madeira com dimensão de 8 x 11 x 13 cm. As gaiolas possuíam as duas laterais mais largas de vidro, piso telado e dois orifícios na superfície superior para fornecimento de alimento energético e água. Cada gaiola recebeu cerca de 50 operárias que tiveram a sua disposição mel, água e alimento protéico *ad libitum*. O alimento energético e a água foram fornecidos pelos orifícios superiores em vidros emborcados com as tampas perfuradas. O alimento protéico foi fornecido em tampas plásticas colocadas na parte inferior das caixas (Figura 1).

O alimento energético fornecido foi o xarope de açúcar invertido obtido com algumas modificações da receita descrita por Lengler (2000). Dessa forma, foram levados ao fogo 5 kg de açúcar cristal e 5 litros de água. Tão logo a mistura começou a

levantar fervura adicionou-se 8 gramas de ácido cítrico, deixando-se o preparado no fogo por mais 45 minutos.

Para a mensuração do índice de mortalidade e do tempo médio de mortalidade diariamente removia-se e anotava-se a quantidade de abelhas mortas em cada caixa até que todas as operárias estivessem mortas.

As análises foram realizadas em duas etapas. Na primeira etapa (E01), realizada entre 15 e 30 de janeiro de 2003, foi fornecido para as operárias como alimento protéico: o pólen (testemunha positiva, T01); feno de leucena (T02); feno de mandioca (T04) e farinha de bordão-de-velho (T05), os resultados destes tratamentos foram comparados com os resultados da testemunha negativa, tratamento aprotéico (T03).

Na segunda etapa (E02), realizada entre 07 de julho e 06 de agosto de 2003, além das testemunhas positiva (T01) e negativa (T03) foi fornecido para as abelhas: farelo de babaçu (T02); farinha de algaroba (T04) e sucedâneo do leite (T05).



Figura 1: Gaiolas de confinamento usadas no teste de toxicidade realizado entre 15 e 30 de janeiro de 2003 (etapa 01) e 07 de julho e 06 de agosto de 2003 (etapa 02) em Teresina, PI.

Cada etapa foi composta de cinco tratamentos com três repetições. O índice de mortalidade (IM) foi obtido pela razão entre a quantidade de abelhas mortas e a duração do experimento em dias. O tempo médio de mortalidade (TMM) foi calculado pela

razão entre o somatório das abelhas mortas multiplicado pelo número de dias e o total de abelhas mortas. As fórmulas do IM e do TMM podem ser observadas a seguir:

$$IM = \frac{\textit{quantidade de abelhas mortas}}{\textit{número de dias}}$$

$$TMM = \frac{\sum(\textit{abelhas mortas} \times \textit{número de dias})}{\textit{total de abelhas mortas}}$$

A análise dos resultados obtidos foi feita por meio contrastes ortogonais e de contrastes de interesse. Foram analisados os mesmos contrastes para as duas etapas do experimento.

Os contrastes ortogonais analisados compararam:

- As duas testemunhas contra os demais alimentos: (T01 + T03) x (T02 + T04 + T05);
- As duas testemunhas: T01 x T03;
- Os três componentes testados (T02 + T04) x T05;
- Dois dos componentes testados: T02 x T05.

Os contrastes de interesse analisados compararam cada testemunha (positiva e negativa) com os alimentos fornecidos:

- T01 x T02;
- T01 x T04;
- T01 x T05;
- T03 x T02;
- T03 x T04;
- T03 x T05.

3.2.2. Análises de proteína bruta

O teor de proteína bruta foi analisado no Laboratório de Nutrição Animal da Embrapa Meio-Norte pelo método de Kjeldahl (A.O.A.C., 1970, descrito por SILVA, 1981) que consistiu em embrulhar 100 mg das amostras a serem analisadas em papel impermeável e introduzir no balão de Kjeldahl de 100 ml. A seguir adicionou-se 1 g do catalisador e 4 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. O catalisador foi preparado com 100 partes de sulfato de sódio (Na_2SO_4); 1 parte de sulfato cúprico ($CuSO_4 \cdot 5H_2O$) e 0,8 parte de selênio metálico em pó.

O balão foi inicialmente aquecido moderadamente, para evitar a formação de espuma, posteriormente aqueceu-se o balão fortemente até que o conteúdo ficasse claro (aproximadamente duas horas), deixando-se então em aquecimento por mais 30 minutos. Quando a mistura esfriou, adicionou-se 15 ml de água destilada e transferiu-se tudo para o conjunto de destilação onde foram acrescentados 8 ml de NaOH (1 + 1).

Em um Erlenmeyer de 250 ml foram colocados 10 ml de solução de ácido bórico a 2% (H_3BO_3) com indicador e adaptou-se ao conjunto de destilação para receber o NH_3 desprendido da amostra.

A solução de ácido bórico com indicador foi formulada misturando-se 1 litro de H_3BO_3 a 2% p/v; 15 ml de vermelho de metila (0,1 % em álcool) e 6,0 ml de verde de bromocresol (0,1% em álcool).

O conjunto foi destilado até que não se observasse mais reação com o reativo de Nessler (K_2HgI_4). A solução do Erlenmeyer ($NH_4H_2BO_3$) foi então titulada com uma solução padrão de ácido clorídrico (HCl) 0,02 N de fator conhecido até a viragem do indicador. O teste foi comparado com o teste em branco realizado anteriormente quando os reagentes foram preparados. O teor de nitrogênio (N) das amostras e de proteína bruta (PB) foram calculados pelas fórmulas a seguir:

$$\%N = \frac{V \times N \times Fator_{ácido} \times 14 \times 100}{Peso_{amostra} (mg)}$$

$$\%PB = \%N \times 6,25$$

Onde:

V = (volume da titulação da amostra) – (volume da titulação em branco)

3.2.3. Teores de proteína verdadeira, aminoácido e açúcar

A análise dos teores de proteína verdadeira, aminoácidos, aminoácidos livres totais e açúcares livres totais e a separação e dosagem dos aminoácidos livres foi realizada no Instituto de Biologia da Universidade Estadual de Campinas durante o mês de julho de 2003.

3.2.3.1. Extração de aminoácidos livres totais, açúcares livres totais e proteína verdadeira

Para extração dos aminoácidos livres totais e açúcares livres totais, aproximadamente 2 g de cada alimento foram misturados com 20 ml de MCW (metanol: clorofórmio: água), na proporção de 12:5:3, conforme Bielecki & Turner (1966). Após 24 h, o extrato foi centrifugado a 2.500 rpm por 30 minutos e a fração sobrenadante foi recuperada em proveta. Para cada 4 ml dessa fração, acrescentou-se 1,0 ml de clorofórmio e 1,5 ml de água. Após agitar-se a mistura vigorosamente, a mesma foi deixada em repouso por 24 h, para que houvesse a separação das fases. A fase de clorofórmio inferior foi descartada e a fase aquosa superior foi retirada com o auxílio de pipeta Pasteur, submetida ao banho-maria a 38°C por cerca de 15 h (para a eliminação do resíduo de clorofórmio e concentração das amostras) e centrifugada a 14.000 rpm/5 min. Após esse período, mediu-se o volume e congelou-se a amostra, para posteriores dosagens (Figura 2).

Para a extração de proteína utilizou-se o método de Sousa & Sodek (2002), onde o primeiro precipitado obtido foi ressuspensado em 10 ml de NaOH 0,1 N, homogeneizado com o auxílio de bastão de vidro, ficando em repouso por 24 h. Após esse período o extrato foi centrifugado a 2.500 rpm/30 min e o sobrenadante, contendo a fração protéica, foi coletado (Figura 2).

3.2.3.2. Dosagem do teor de açúcares solúveis totais (AST)

O método usado para dosagem de AST foi baseado em Graham & Smydzuk (1965), que consistiu em tomar 1 ml de cada amostra, de um branco (água) e dos padrões (15 -150 µg de glicose/ml), em tubos de ensaio mantidos em banho de gelo. Em seguida adicionou-se a cada tubo de ensaio 3 ml de solução de antrona (0,15% em H₂SO₄ concentrado) resfriada, cobrindo-os com bolinhas de vidro. Após 15 minutos os tubos foram agitados e incubados em banho-maria a 90°C durante 20 minutos. Terminada a incubação, os tubos foram transferidos para um ambiente escuro até atingir

a temperatura ambiente e novamente agitados. A densidade ótica (D.O.) dos padrões e amostras foi medida a 620 nm contra o branco.

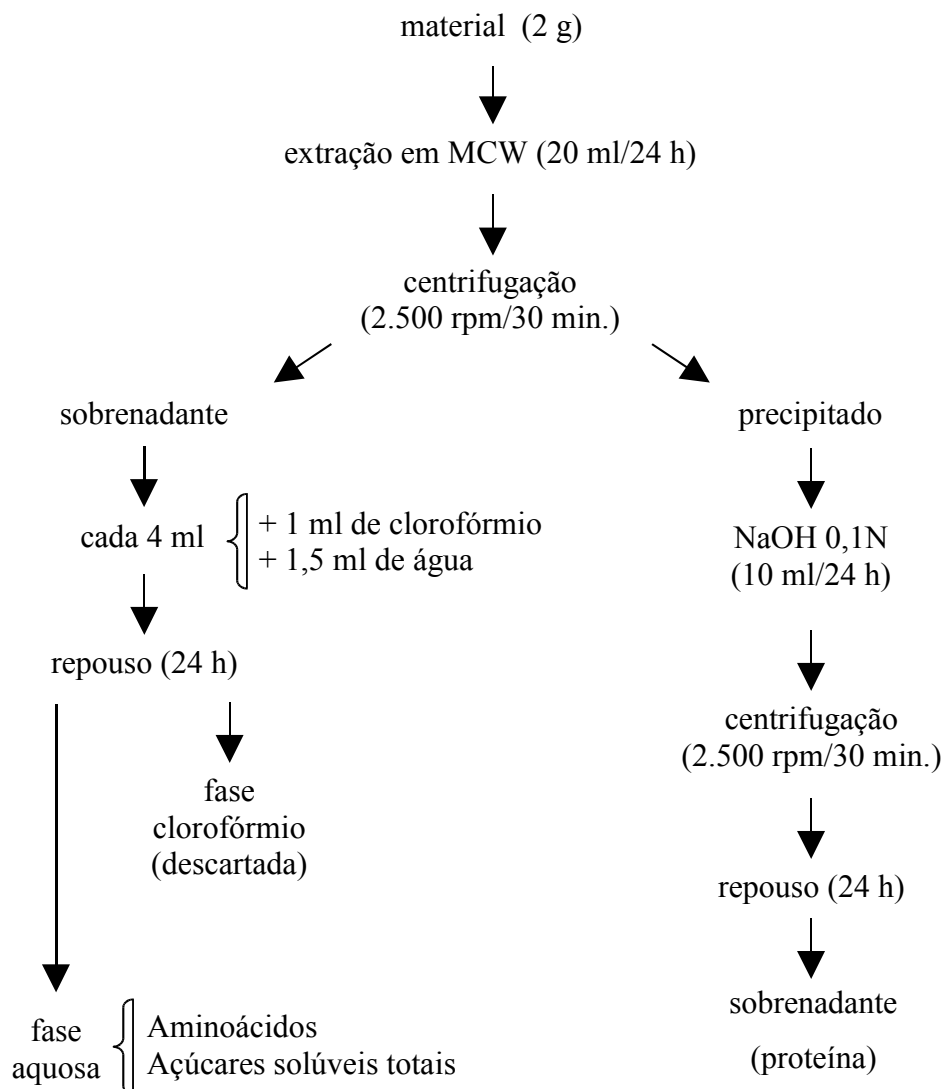


Figura 2: Esquema da metodologia utilizada para extração dos aminoácidos, açúcares solúveis totais e proteína.

A determinação de proteínas seguiu a metodologia estabelecida por Bradford (1976), utilizando-se como reagente 100 mg de coomassie brilliant G dissolvido em 50 ml de etanol 95%, ao qual foi acrescentado 100 ml de H_3PO_4 85% p/v, completando-se o volume com água para 1 litro e filtrando-se, posteriormente, a vácuo, em papel de filtro. Em seguida foi pipetado 0,1 ml do branco (água), amostras e padrões (10-100 μ g

de O-Bis trimethylsilylacetamido - BSA) para tubos de ensaio e adicionados 5,0 ml do reagente de Bradford. Os tubos foram agitados para determinar a D.O. das amostras e padrões a 595 nm contra o branco.

3.2.3.4. *Separação de aminoácidos livres por cromatografia líquida de alta resolução (CLAE)*

A separação de aminoácidos livres por CLAE foi realizada pelo método da fase reversa, utilizando-se os derivados do o-fitaldialdeído (OPA), conforme Jarret et al. (1986). O aparelho de CLAE utilizado era constituído por 2 bombas (A e B) da marca LKB modelo 2150, controladas por um gerador de gradiente da marca LKB modelo 2152.

Os solventes utilizados para a formação do gradiente foram:

- Tampão da bomba A: tampão fosfato ($\text{CH}_3\text{COONa } 3\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) pH 7,25 a 50 mM, + 20 ml/L de tetrahydrouran + 20 ml/L de metanol específico para HPLC;
- tampão da bomba B: metanol específico para HPLC 65% em H_2O .

Ambos os tampões foram deaerados e o tampão A foi filtrado a vácuo, em filtro Millipore, através de membrana PVDF, com 0,45 μm de diâmetro.

A taxa de fluxo foi fixada a 0,8 ml/min e o gradiente (Figura 3) foi gerado da seguinte forma:

- 20-60% de B entre 0-24 min;
- 60-75% de B entre 25-31 min;
- 75-100% de B entre 31-61 min.

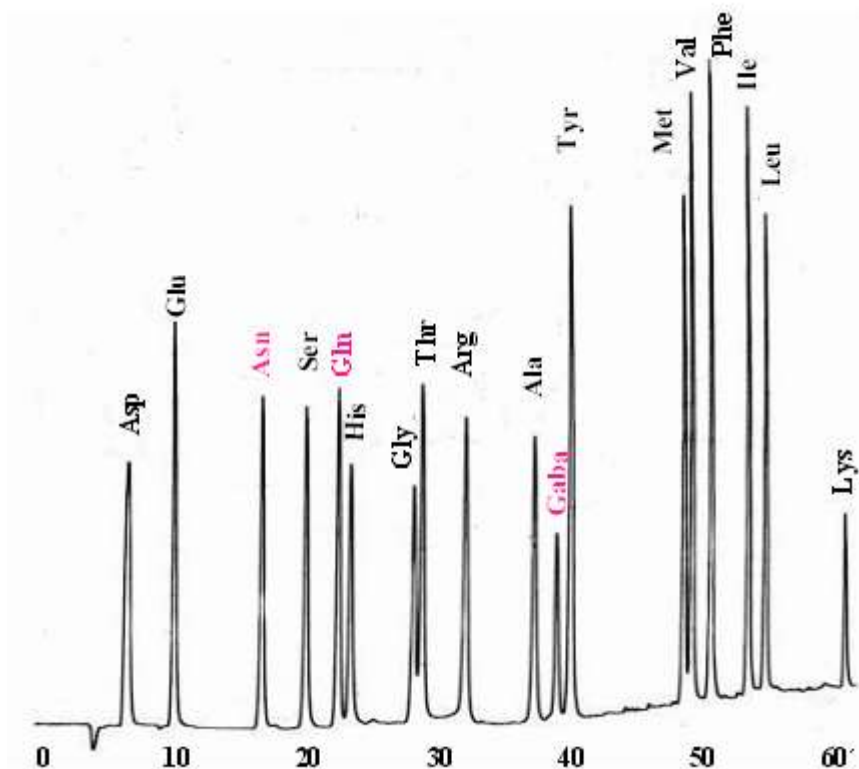


Figura 3: Perfis de eluição de derivados OPA-aminoácidos do padrão Sigma AAS-18, enriquecido com Asn, Gln e Gaba, em coluna cromatográfica Spherisorb ODS-2 (4,6 mm X 250 mm) por HPLC. Taxa de fluxo - 0,8 ml/min; λ exc. -250 nm; λ em. - 480 nm; tampão A - Na_2HPO_4 50 mM pH 7,25; tampão B - metanol 65%; gradiente - 20 a 100% de B em 61 min.

Para preparação do reagente OPA, foi diluído 50 mg de OPA em 1 ml de metanol específico para HPLC e misturado a 6,5 ml de tampão borato pH 9,5 (ácido bórico 2,4% p/v em H_2O ; pH ajustado com NaOH 2 N), filtrando-se em seguida (filtro Millipore, em PVDF de 0,22 μm). Após a filtragem, foram acrescentados 5 μl de mercaptoetanol a 625 μl da mistura.

Para cada 20 μl da amostra (filtrada em membrana PVDF, 0,22 μm , da Millipore ou padrão, em eppendorf) juntou-se 60 μl do reagente OPA agitando-se manualmente. Após 2 minutos, tempo suficiente para formar os derivados aminoácidos-OPA, injetou-se 10 μl dessa mistura na câmara de injeção de amostra do aparelho de CLAE. Em seguida foi iniciada a corrida cromatográfica, por meio da eluição da mistura em gradiente de 2 tampões (A e B), bombeados pelas bombas A e B do aparelho, através da coluna cromatográfica (Waters Spherisorb ODS-2; 5 μm , 4,6 mm X 250 mm, da

SUPELCO INC.). Ao passar pela coluna cromatográfica, os derivados aminoácidos-OPA foram detectados por um monitor de fluorescência da marca SHIMADZU modelo RF-530, no qual foram fixados λ de excitação de 250 nm e λ de emissão de 480 nm. O registro da área e do tempo de retenção de cada derivado foi realizado por um integrador da marca LKB modelo 2221.

Cada aminoácido das amostras foi identificado pelo seu tempo de retenção na coluna cromatográfica, tomando-se por base o padrão de aminoácidos Sigma AAS-18, que contém 15 aminoácidos protéicos, ao qual foram adicionados os aminoácidos asparagina, glutamina e ácido γ -aminobutírico (Figura 3).

O resultado obtido em proporção de mol (mol %) foi transformado em micrograma multiplicando-se o peso molecular do aminoácido (PM_{aa}) pela proporção de micromoles por grama de aminoácido da substância ($\mu\text{moles/g}$) na quantidade total de aminoácidos do alimento testado. O valor total de aminoácido em cada substância foi determinado pela fórmula:

$$AA \mu g = AA \text{mol} \% \times \mu\text{moles} / g$$

3.3. Preparo das rações

Os componentes das três rações formuladas foram selecionados com base nos resultados obtidos das análises de proteína, açúcares totais, aminoácidos e toxicidade.

As rações foram formuladas contendo 20% de proteína bruta e todos os aminoácidos essenciais para as abelhas. Para aumentar a aceitabilidade, as mesmas foram fornecidas em uma consistência pastosa e tiveram adicionadas à sua composição essência de baunilha, que aumenta a aceitabilidade do alimento por conter um odor agradável às abelhas (*informação verbal*¹).

Para obter a consistência pastosa, a ração foi misturada ao xarope de açúcar invertido obtido com algumas modificações da receita descrita por Lengler (2000), já descrito anteriormente.

¹ Informado por Silvio Lengler durante a realização do mino-curso “Alimentação das Abelhas” no I Congresso Norte-Nordeste de Apicultura realizado em Natal, RN de 28 a 30 de novembro de 2001.

O desempenho das colméias alimentadas com as três rações foi comparado com o desempenho de colméias alimentadas com pólen, que foi adquirido da COORPEPÓLEN, Cooperativa de Pólen do Brasil, localizada na cidade de Canavieiras, Bahia, havendo predominância do pólen de *Palmae*. Para que houvesse padronização do alimento fornecido o pólen foi misturado ao xarope invertido antes do fornecimento.

3.4. Efeito do alimento no campo

Esta etapa da pesquisa constou de um experimento com quatro tratamentos e cinco repetições, testando-se três formulações de ração protéica obtidas da etapa anterior e comparando com o pólen. Foi usada a abelha *Apis mellifera* instaladas em colônias modelo Langstroth. Para reduzir as diferenças genéticas e de idade das rainhas todas as colméias receberam rainhas com aproximadamente a mesma idade e provenientes de cinco matrizes previamente selecionadas. Os preparativos para instalação do experimento são descritos a seguir.

3.4.1. Preparo das colônias

As rainhas foram produzidas no apiário experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina-PI entre 04 de setembro e 27 de setembro de 2003 pela metodologia adaptada de Doolittle (1899), que consiste na transferência simples de larvas jovens (aproximadamente 24 horas de idade) dos favos para cúpulas plásticas contendo uma gota de geléia real diluída em água (1:1). Logo após a transferência as cúpulas, fixadas previamente em quadros porta-cúpula com cera de abelha, foram devolvidas para as colméias recrias, onde permaneceram por dez dias. Após esse período as realeiras foram retiradas das colônias, emborcadas individualmente em pequenos vidros contendo pasta cãndi e um pedaço de papel absorvente e colocadas na estufa a 34°C com 67% de umidade relativa, onde permaneceram até o nascimento. A pasta cãndi foi produzida misturando-se açúcar de confeitiro e mel na proporção de 1:1 ou até que a pasta desgrudasse da mão.

As rainhas recém emergidas foram pesadas e somente as rainhas virgens que pesavam mais de 200 mg foram selecionadas para serem introduzidas nas colônias posteriormente.

Para evitar futuros problemas de consangüinidade, utilizou-se cinco colônias matrizes para produção de rainha. A seleção das colônias parentais levou em consideração o bom nível populacional, presença de alimento (mel e pólen) e de crias

abertas e fechadas, agressividade relativamente baixa, rainha com bom padrão de postura e ausência de doenças e inimigos naturais.

As rainhas virgens marcadas foram introduzidas nas colônias entre o período de 23 de setembro a 24 de outubro de 2003 em gaiolas modelo Benton. Para garantir o sucesso da introdução, as famílias foram orfanadas com 24 horas de antecedência. Aproximadamente entre cinco e sete dias após a introdução das rainhas realizou-se uma revisão nas famílias para verificar se as mesmas haviam sido aceitas. Uma nova revisão foi realizada entre dez e quinze dias após a introdução para verificar se já havia início de postura nas colônias. Caso fosse constatado problema de rejeição ou morte da rainha durante o vôo de acasalamento uma nova rainha era introduzida na colônia imediatamente.

Para garantir a presença de zangões na região durante o período de substituição de rainhas todas as colônias dos apiários próximos foram alimentadas a partir da segunda quinzena de agosto e monitoradas periodicamente para se constatar a existência dos mesmos.

3.4.2. Fornecimento de alimento para as colônias

As rações foram fornecidas em alimentadores de cobertura uma vez por semana entre o período de 03 de novembro de 2003 a 12 de fevereiro de 2004. O desempenho dos enxames que receberam as três formulações foi comparado com o desempenho de enxames alimentados com pólen, cada tratamento contou com cinco repetições. Além do alimento protéico fornecido *ad libitum*, as colônias tiveram à sua disposição água, fornecida em bebedouro coletivo situado a 50 m do apiário, e 500 ml de xarope invertido, fornecido semanalmente nos alimentadores de cobertura. O fornecimento do alimento protéico e energético ocorreu no mesmo dia.

3.4.3. Avaliação do desempenho das rações nas colônias

O desempenho das rações foi medido pelo consumo do alimento protéico e desenvolvimento das colônias quanto ao peso, área de cria e área de alimento.

3.4.3.1. Consumo dos alimentos

O consumo do alimento protéico foi obtido pela diferença do peso inicial (P_i) e final (P_f) da pasta fornecida a cada colônia. Com as informações do consumo semanal calculou-se o consumo mensal (C_m) e consumo total ao final do experimento (C_f). O

consumo mensal foi calculado pelo somatório do consumo semanal entre os períodos: (i) 03 de novembro a 02 de dezembro de 2003; (ii) 03 de dezembro de 2003 a 07 de janeiro de 2004 e (iii) 08 de janeiro a 18 de fevereiro de 2004. A fórmula geral do consumo mensal pode ser observada abaixo:

$$C_m = \sum (P_i - P_f)$$

O consumo final (C_f) foi calculado pelo somatório dos consumos mensais, fórmula a seguir:

$$C_f = \sum C_m$$

3.4.3.2. *Desenvolvimento das Colônias*

O desenvolvimento das colônias foi acompanhado durante o período de fornecimento do alimento por meio de pesagens e mapeamentos.

A pesagem das colméias foi realizada nos dias 03 de novembro de 2003; 02 de dezembro de 2003; 07 de janeiro de 2004 e 18 de fevereiro de 2004 em uma balança Filizola com carga máxima de 150 kg. Esse procedimento foi feito sempre ao final da tarde (entre 17:30 e 18:00h), quando a maioria das abelhas campeiras encontrava-se no interior das colônias. Para evitar fuga das abelhas, os alvados foram fechados com esponja, não permitindo a saída das mesmas (Figura 4).



Figura 4: Pesagem das colméias realizada em balança Filizola no município Castelo do Piauí, PI, entre 03 de novembro de 2003 e 18 de fevereiro de 2004.

O mapeamento das áreas de alimento e cria foi realizado no dia seguinte à pesagem, segundo o método de Al-Tikrity et al. (1971), que consiste em introduzir todos os quadros das colméias em um suporte de madeira subdividido com fio de náilon em pequenos quadrados com área de 4 cm^2 (Figura 5). Após essa introdução, realizou-se a contagem da quantidade de quadrados que possuíam mel, pólen, cria aberta de operária, cria fechada de operária, cria aberta de zangão e cria fechada de zangão. Na contagem de cria aberta considerou-se ovo e larva.



Figura 5: Quadro de madeira utilizado para realizar os mapeamentos das colméias de Castelo do Piauí, PI, entre 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Os dados de contagem obtidos em campo (D_c) foram transformados em área (A) multiplicando-se a quantidade de quadrados obtidos por 4 cm^2 , como pode ser observado a seguir:

$$A = D_c \times 4 \text{ cm}^2$$

3.5. Digestibilidade

A digestibilidade dos alimentos foi testada em abelhas adultas recém-emergidas nascidas em B.O.D. e confinadas nas mesmas caixas de madeira utilizadas para realizar os testes de toxicidade.

Foram montadas 25 caixas com 70 abelhas cada, que permaneceram confinadas. Realizaram-se 5 ensaios, o primeiro entre 01 a 05 de novembro de 2004; o segundo entre 15 a 19 de novembro de 2004; o terceiro entre 29 de novembro e 03 de dezembro de 2004; o quarto entre 13 e 17 de dezembro de 2004 e o quinto entre 10 a 14 de janeiro

de 2005. Estudou-se a digestibilidade de cinco alimentos (tratamentos) comparando as quatro formulações protéicas preparadas anteriormente e levadas a campo com a testemunha negativa, que não recebeu alimento protéico. Todos os tratamentos tiveram à sua disposição xarope invertido e água *ad libitum*.

Para evitar o vazamento do xarope e da água, que foram fornecidos em vidros emborcados em cima das gaiolas de confinamento, adaptou-se um conta-gotas em cada recipiente (Figura 6). O alimento protéico foi fornecido em tampas plásticas colocadas no fundo das gaiolas em cima de pequenas bandejas metálicas também com a finalidade de evitar o desperdício do alimento e, assim, medir-se o consumo real dos mesmos.

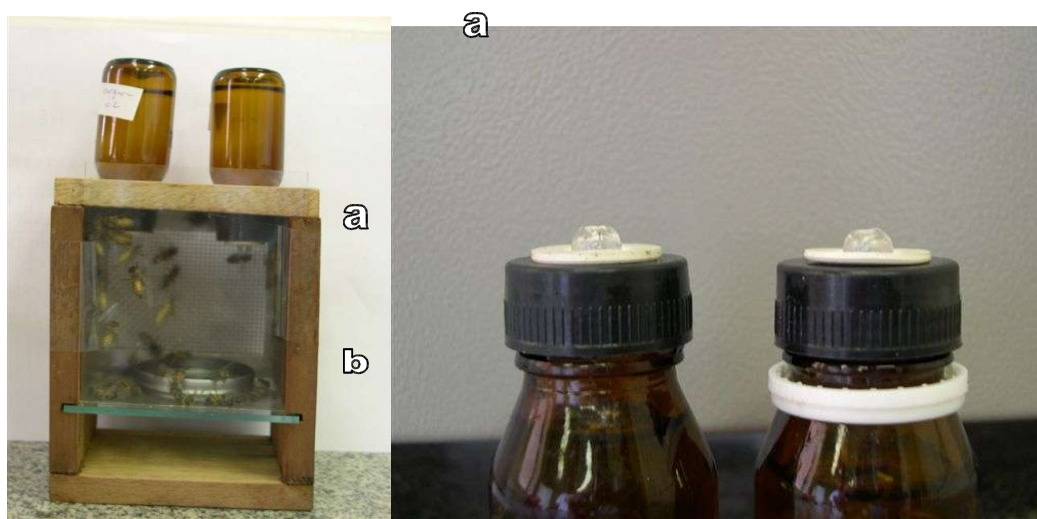


Figura 6: Detalhe do fornecimento dos alimentos no teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI, entre 01 de novembro de 2004 a 14 de janeiro de 2005. (a) detalhe da adaptação do conta-gotas para o fornecimento de água e xarope. (b) fornecimento da ração em bandeja metálica.

Diariamente media-se o consumo dos alimentos e da água, contava-se e removiam-se as abelhas mortas nas gaiolas. O consumo individual médio (C_i) das abelhas ao longo do experimento foi medido pelo somatório da razão entre o consumo de cada alimento fornecido e a quantidade de abelhas vivas no dia da mensuração, segundo a fórmula a seguir:

$$C_i = \sum \frac{C_{xarope} + C_{águra} + C_{ração}}{Abelhas_{vivas}}$$

Ao final do período de confinamento, dez abelhas de cada caixa foram mortas e tiveram as cabeças removidas para que se pudesse retirar o trato digestivo, que foi separado com o auxílio de uma pinça pelo último tergito do abdome. O intestino posterior foi separado do restante do trato digestivo, aberto e seu conteúdo depositado em um papel filtro previamente levado a estufa para retirar a umidade e pesado (Figura 7). O papel filtro com o conteúdo do proctodeu foi imediatamente pesado e o valor obtido foi subtraído do peso do papel filtro adquirido anteriormente. O valor obtido da subtração foi dividido por 10, número de abelhas mortas, dessa forma obteve-se o peso individual médio das fezes (que corresponde ao alimento não digerido) do grupo das 10 abelhas.

Com estes dados calculou-se o peso médio das fezes contidas em cada abelha (f). A digestibilidade (Dg) do alimento foi calculada pela fórmula a seguir.

$$Dg = \frac{(C_i - f)}{C_i} \times 100$$

No teste de digestibilidade realizado entre 13 e 17 de dezembro de 2004 congelou-se 15 abelhas antes do confinamento e 15 abelhas de cada tratamento ao final do experimento. Cada conjunto foi posteriormente pesado separadamente e o resultado dividido por 15 para obter-se a média do peso individual das abelhas. Com os dados do peso inicial das abelhas e final foi possível estimar o ganho ou perda de peso das abelhas em cada tratamento.



Figura 7: Detalhe da retirada do trato digestivo e das fezes contidas no proctodeu das abelhas *Apis mellifera* submetidas ao teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI, entre 01 de novembro de 2004 a 14 de janeiro de 2005

3.6. Análise estatística

O delineamento utilizado para consumo do alimento, peso das colônias, dados do mapeamento e digestibilidade foi inteiramente casualizado e procedeu-se a análise de variância não paramétrica com a aplicação do teste de Kruskal-Wallis complementado com seu respectivo teste de comparações múltiplas para as médias (ZIMMERMANN, 2004). Nesta análise os dados obtidos são ordenados de forma crescente, atribuindo-se posteriormente notas (postos) para cada dado. A estatística de Kruskal-Wallis é realizada com os postos atribuídos e é definida por:

$$T = \frac{1}{S^2} \left[\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - \frac{N(N+1)^2}{4} \right]$$

Onde,

N = número total de observações;

n_i = número de observações da i -ésima ordem;

R_i = soma das ordens atribuídas ao i-ésimo tratamento,

e

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \left[\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} R(X_{ij})^2 - \frac{N(N+1)^2}{4} \right], \text{ quando ocorrerem empates. Se não}$$

existirem empates $S^2 = \frac{N(N+1)}{12}$ e o teste estatístico se reduz a:

$$T = \frac{12}{N(N+1)} \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} \right) - 3(N+1)$$

As médias são comparadas pela seguinte fórmula:

$$\left(\left| \frac{R_i}{n_i} - \frac{R_j}{n_j} \right| \right) > t_{(1-\frac{\alpha}{2})} \sqrt{S^2 \frac{N-1-T}{N-k}} \times \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}$$

Onde:

k é número de tratamento e

$t_{(1-\frac{\alpha}{2})}$ é o quantil $(1 - \alpha/2)$ da distribuição de t com N-k graus de liberdade.

Foi realizada correlação dos dados de consumo e desenvolvimento das colônias pelo teste não paramétrico Spearman. A análise de regressão foi realizada para os dados de peso e mapeamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados neste experimento podem ser observados a seguir.

4.1. Toxicidade dos alimentos

Devido aos altos índices do coeficiente de variação, não foi verificada diferença estatística para os parâmetros estudados tanto em E01 como em E02 ao nível de 5% de probabilidade. Observa-se na Tabela 1 a análise de variância e as médias do índice de mortalidade (IM) e do tempo médio de mortalidade (TMM) das duas etapas do experimento de toxicidade.

Tabela 1: Análise de variância, médias e desvio padrão do índice de mortalidade (IM) e tempo médio de mortalidade (TMM) observados nos alimentos testados de 15 a 30 de janeiro de 2003 (E01) e de 07 de julho a 06 de agosto de 2003 (E02) em Teresina, PI.

Parâmetros	E01 ¹		E02 ²	
	IM (Nº abelhas/dia)	TMM (dias)	IM (Nº abelhas/dia)	TMM (dias)
Médias e desvio-padrões				
T01	11,50±4,68	5,78±2,27	4,58±0,86	11,74±0,76
T02	8,05±4,35	8,09±1,87	5,25±1,39	11,50±1,82
T03	7,67±1,50	7,31±1,20	5,64±1,90	10,65±1,80
T04	9,14±4,83	6,86±2,48	8,78±6,60	8,19±4,29
T05	12,80±1,61	4,46±0,45	5,09±0,38	10,31±0,68
Anova				
C.V.	37,77	27,90	33,50	21,74
F	1,08	1,82	0,84	1,14
P > F	0,42	0,20	0,53	0,39

¹ T01: tratamento aprroteico; T02: feno de leucena; T03: pólen; T04: feno de mandioca e T05: farinha de bordão-de-velho.

² T01: tratamento aprroteico; T02: farelo de babaçu; T03: pólen; T04: farinha de algaroba e T05: sucedâneo do leite.

Contudo, pela análise dos contrastes ortogonais, houve diferença significativa entre os alimentos testados na primeira etapa do experimento ($F = 5,53$; $P > 0,04$) quando se comparou o tempo médio de mortalidade das abelhas alimentadas com feno de leucena (T02) e feno de mandioca (T04) contra o TMM de T05, abelhas alimentadas com farinha de bordão-de-velho, (T02 + T04) x T05. A análise dos demais contrastes

ortogonais e de interesse demonstrou não existir diferença significativa para os parâmetros estudados (Tabela 2).

Tabela 2: Análise dos contrastes ortogonais e de interesse do índice de mortalidade (IM) e tempo médio de mortalidade (TMM) observados nos alimentos testados de 15 a 30 de janeiro de 2003 (E01) e de 07 de julho a 06 de agosto de 2003 (E02) em Teresina, PI.

Contrastes	E01 ¹				E02 ²			
	IM (Nº abelhas/dia)		TMM (dias)		IM (Nº abelhas/dia)		TMM (dias)	
	F	P > F	F	P > F	F	P > F	F	P > F
Ortogonais								
(T01 + T03)x(T02 + T04 + T05)	0,04	0,84	0,01	0,94	0,58	0,47	0,99	0,34
T01 x T03	1,60	0,24	1,07	0,33	0,17	0,69	0,34	0,57
(T02 + T04) x T05	2,56	0,14	5,53	0,04*	0,74	0,41	0,08	0,78
T02 x T05	0,13	0,73	0,69	0,43	1,87	0,20	3,15	0,11
De interesse								
T01 x T02	1,29	0,28	2,44	0,15	0,07	0,80	0,02	0,90
T01 x T04	0,61	0,45	0,53	0,48	2,64	0,14	3,64	0,09
T01 x T05	0,18	0,68	0,79	0,39	0,04	0,85	0,59	0,46
T03 x T02	0,02	0,90	0,28	0,61	0,02	0,89	0,21	0,66
T03 x T04	0,23	0,64	0,09	0,77	1,48	0,25	1,74	0,21
T03 x T05	0,04	0,84	0,03	0,86	2,86	0,12	3,70	0,08

¹ T01: tratamento aprorteico; T02: feno de leucena; T03: pólen; T04: feno de mandioca e T05: farinha de bordão-de-velho.

² T01: tratamento aprorteico; T02: farelo de babaçu; T03: pólen; T04: farinha de algaroba e T05: sucedâneo do leite.

* Significativo (P < 0,05).

Embora em E01 tenha sido observada diferença significativa no tempo médio de mortalidade das abelhas alimentadas com feno de leucena e mandioca (ET02 + T04) e com farinha de bordão-de-velho (T05), como o contraste estudado envolve mais de um tratamento não é possível através desta análise determinar o que ocorre entre T02 e T05 ou entre T04 e T05. Contudo, percebe-se na Figura 8 que as abelhas alimentadas com farinha de bordão-de-velho apresentaram um aumento de mortalidade a partir do terceiro dia de confinamento, causando uma acentuada declividade na curva de longevidade.

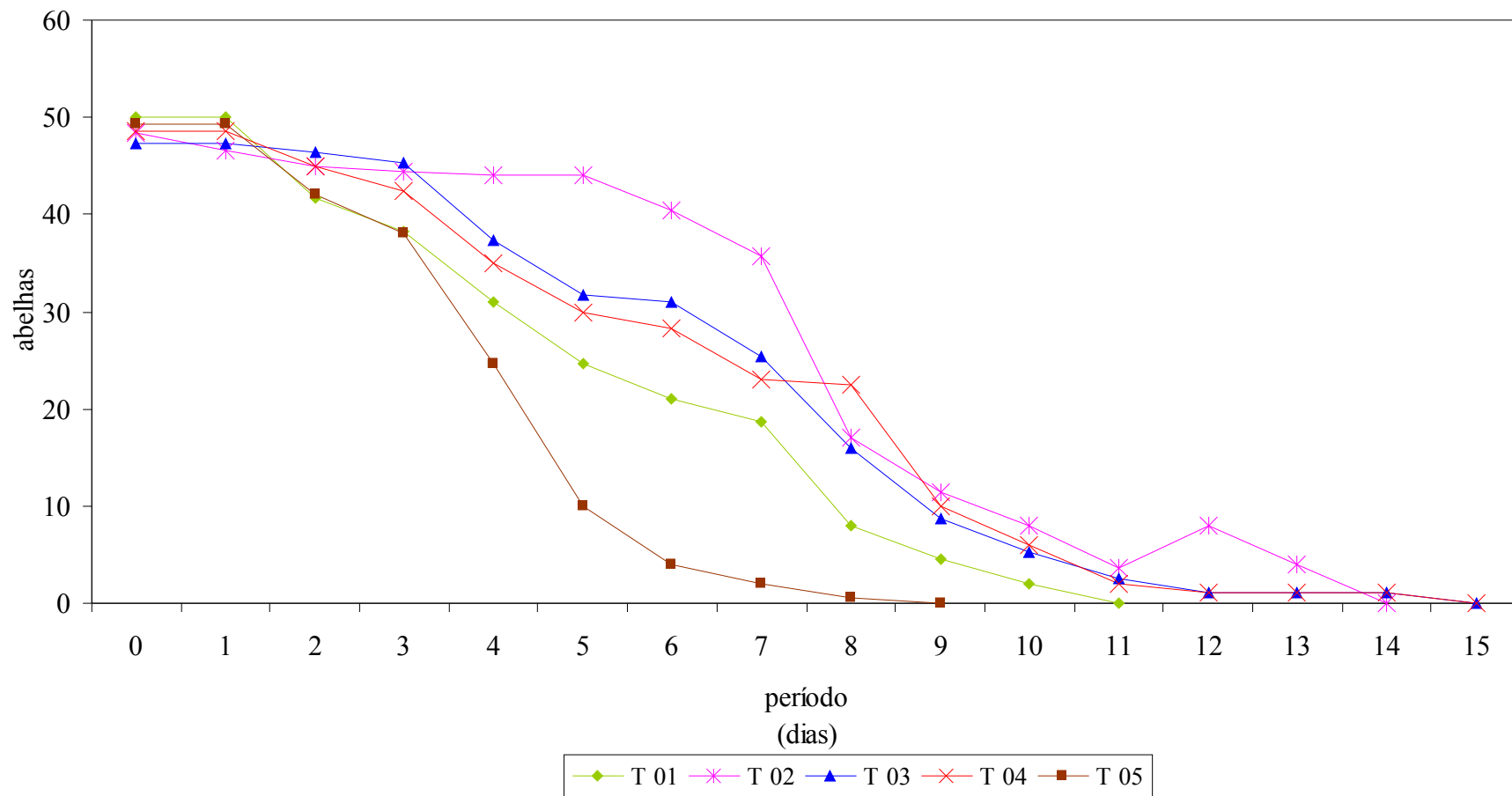


Figura 8: Curvas de sobrevivência das abelhas submetidas a diversos alimentos entre 15 e 30 de janeiro de 2003 em Teresina, PI.¹

¹ T01: tratamento apteico; T02: feno de leucena; T03: pólen; T04: feno de mandioca e T05: farinha de bordão-de-velho.

Esta declividade acentuada demonstra uma redução no tempo médio de vida das abelhas alimentadas com farinha de bordão-de-velho, sendo que as mesmas morreram aproximadamente dois dias antes que as abelhas do tratamento apteico (T01), quatro dias antes que as abelhas alimentadas com feno de leucena (T02) e seis dias antes do que as abelhas alimentadas com pólen (T03) e com feno de mandioca (T04). O IM deste tratamento foi alto, variando de 10,97 a 14,03, e o TMM foi baixo, variando de 4,14 a 4,98. O alto valor de IM e o baixo valor do TMM evidenciam a baixa longevidade das abelhas alimentadas com a farinha de bordão-de-velho (*Pithecellobium* cf. *saman*).

Ao longo do ensaio observou-se que as abelhas pertencentes a T05 morriam envoltas por uma crosta de farinha de bordão-de-velho. A Figura 9 mostra o detalhe das abelhas mortas dos tratamentos 05 (farinha de bordão-de-velho) e 02 (feno de leucena). Observa-se que as abelhas de T05 ao morrerem possuíam as asas e pernas coladas ao corpo devido ao alimento, enquanto que o mesmo não é observado nas abelhas de T02. As abelhas dos demais tratamentos ao morrerem possuíam o aspecto semelhante às abelhas de T02.



Figura 9: Detalhe das abelhas mortas no teste de toxicidade realizado entre 15 e 30 de janeiro de 2003 em Teresina, PI. (A) abelhas alimentadas com farinha de bordão-de-velho e (B) abelhas alimentadas feno de leucena.

Apesar das sementes de bordão-de-velho possuírem um alcalóide tóxico (NASCIMENTO et al., 1996) o tempo de mortalidade das abelhas alimentadas com a farinha desta espécie vegetal não deve ser atribuído ao efeito tóxico do alimento. Aparentemente a alta taxa de açúcar contido na vagem de bordão-de-velho confere à farinha uma propriedade higroscópica e, ao absorver água do meio ambiente, a mesma fica com uma textura muito pegajosa, prejudicando o consumo e grudando no corpo das abelhas, matando-as asfixiadas.

Estes resultados demonstram que a farinha de bordão-de-velho não deve ser fornecida às abelhas como única fonte de alimento e o uso desta farinha na composição de ração deve ser evitado.

Pela Figura 8 observa-se que as abelhas alimentadas com feno de leucena (T02) e feno de mandioca (T04) tiveram uma longevidade muito similar à longevidade das abelhas alimentadas com pólen. Estes resultados demonstram que o feno destas espécies não é tóxico para as abelhas e pode ser fornecido como fonte de alimento.

A utilização de feno de mandioca na composição de ração de diversos animais tem sido estudada e seus efeitos tóxicos são conhecidos. A toxicidade da mandioca é causada pelos glicosídeos cianogênicos linamarina e lotaustralina metil e pela enzima linamarase, que promove a hidrólise dos glicosídeos liberando o ácido cianídrico, HCN (CARVALHO & CARVALHO, 1979, citado por PENTEADO & FLORES, 2000). O teor dos glicosídeos cianogênicos varia com as condições ambientais, solo, variedade, idade e parte da planta de mandioca analisada (OKIGBO, 1980, citado por PENTEADO & FLORES, 2000) e a toxicidade só ocorre quando as plantas são partidas e na ruptura os glicosídeos entram em contato com as enzimas catabólicas, produzindo o ácido cianídrico, que desaparece rapidamente (CONN, 1994 citado por PENTEADO & FLORES, 2000; ROSLING, 1994 citado por PENTEADO & FLORES, 2000). Contudo, a desidratação, trituração e moagem da folha de mandioca volatilizam o ácido cianídrico liberado, não causando danos de intoxicação (PENTEADO & FLORES, 2000) e permitindo o fornecimento das folhas como fonte de alimento. Ribeiro Filho (1999) recomenda que o pó da folha de macaxeira (*Manihot dulcis*) seja fornecido às abelhas misturado com xarope de água e açúcar na proporção de 100g/1000 ml, respectivamente.

Os efeitos de toxicidade da leucena em mamíferos devido à presença do aminoácido mimosina tem sido estudado por vários autores. Segundo Vélez (1986) o

feno produzido das folhas de leucena contém entre $0,80 \pm 0,05$ e $0,97 \pm 0,06$ $\mu\text{g/g}$ de mimosina, sendo este teor mais alto quando o feno é produzido com plantas mais velhas.

Salviano (1984) considerou que devido à mimosina, a leucena não deve ser fornecida a animais como única fonte de alimento por um período muito extenso. Veiga & Simão Neto (1992) não aconselham que a leucena seja fornecida a animais não ruminantes devido aos efeitos tóxicos da mimosina. Segundo os autores os microorganismos presentes no aparelho digestivo dos ruminantes são capazes de degradar este aminoácido, não oferecendo perigo para os animais desta categoria. Os resultados obtidos neste trabalho contestam estes autores, mostrando que as abelhas *Apis mellifera* não sentiram os efeitos tóxicos da mimosina, podendo-se fornecer o feno de leucena livremente.

A Figura 10 ilustra a curva de longevidade das abelhas na segunda etapa do experimento. Embora as abelhas alimentadas com farinha de algaroba tenham tido um tempo de vida entre seis e 12 dias a mais do que as abelhas submetidas aos demais alimentos, não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos. A declividade acentuada observada na curva de T05 (sucedâneo do leite) a partir do segundo dia é atribuída à alta mortalidade encontrada em uma das repetições. Como posteriormente as abelhas deste tratamento demonstraram maior longevidade, a mortalidade inicial não pode ser atribuída à toxicidade do alimento, é provável que uma fonte de contaminação na gaiola de confinamento tenha provocado esta mortalidade.

Estudos têm apontado que quando se fornece vagem de algaroba em conjunto com melado de cana-de-açúcar, os glicosídeos cianogênicos da cana-de-açúcar em contato com a emulsina da algaroba causam a formação de ácido cianídrico no organismo animal, inibindo as enzimas oxidativas e provocando a morte por asfixia, uma vez que os tecidos deixam de receber oxigênio, sendo que os efeitos podem ser mais drásticos em não ruminantes (BARBOSA, 1977). Os dados deste experimento sugerem que para *Apis mellifera* a vagem de algaroba pode ser fornecida sem que haja efeito tóxico. Ribeiro Filho (1999) considera a algaroba uma ótima alternativa alimentar para as abelhas. Entretanto, recomenda-se evitar o fornecimento das vagens de algaroba com melado de cana-de-açúcar enquanto o assunto não for melhor estudado.

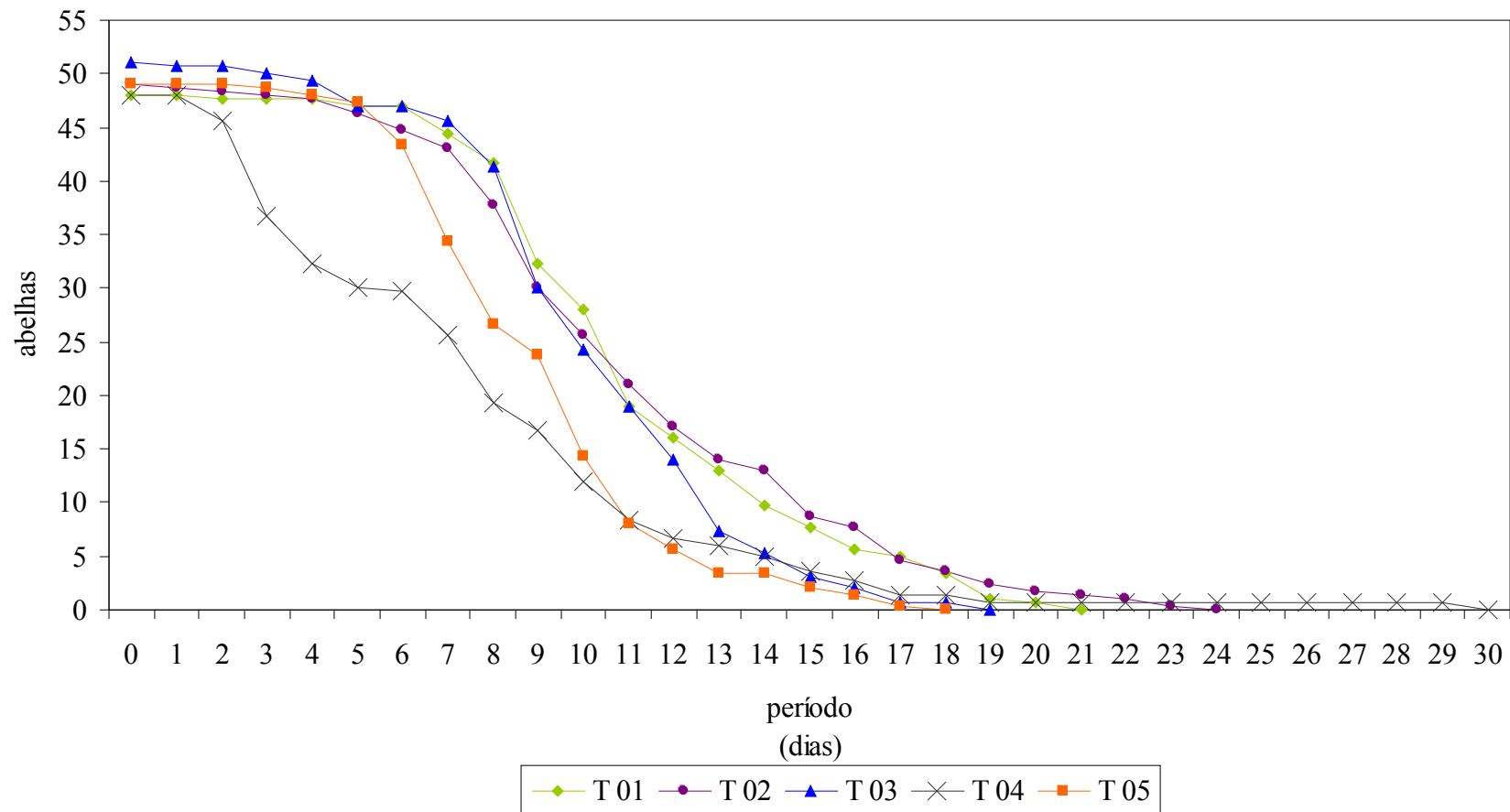


Figura 10: Curvas de sobrevivência das abelhas submetidas a diversos alimentos entre 07 de julho a 06 de agosto de 2003 em Teresina, PI¹.

¹ T01: tratamento apteico; T02: farelo de babaçu; T03: pólen; T04: farinha de algaroba e T05: sucedâneo de leite

No ensaio realizado entre 07 de julho e 06 de agosto (E02) observou-se que as abelhas do tratamento aprotéico (T01) tiveram um tempo de vida maior do que as abelhas alimentadas com pólen (T03). Na Tabela 1 observa-se que a média do índice de mortalidade de T01 foi ligeiramente maior do que a média do IM de T03, confirmando que as abelhas do tratamento aprotéico tiveram maior longevidade. Como nos primeiros 10 dias de vida as abelhas necessitam ingerir grande quantidade de proteína para completar o seu desenvolvimento corporal (WINSTON, 1987; CRAILSHEIM, 1990), embora não se tenha detectado diferença estatística entre as médias destes tratamentos pela análise de contrastes ortogonais (Tabela 2), era esperado que a longevidade das abelhas alimentadas com pólen fosse maior do que das abelhas submetidas a um tratamento aprotéico.

Segundo Crailsheim (1990) e Amdam & Omholt (2002), em épocas de escassez de alimento as abelhas são capazes de aumentar a taxa de *turnover* protéico, utilizando a proteína armazenada no corpo gorduroso para suprir a necessidade do organismo. O aumento de *turnover* pode explicar a longevidade das abelhas do tratamento aprotéico, mas não justifica que esta seja maior do que a longevidade observada nas abelhas alimentadas com pólen.

Pela Figura 10 observa-se que a longevidade das abelhas alimentadas com farelo de babaçu foi longa, 24 dias, demonstrando que este farelo é uma alternativa viável como fonte de alimento para as abelhas. Os estudos realizados com o aproveitamento do sub-produto da indústria de óleo de babaçu na alimentação animal não demonstram existir problemas de toxicidade, havendo indicações favoráveis a este fornecimento (MELLO, 1983; ANDRIGUETTO et al., 2002).

A longevidade das abelhas alimentadas com o sucedâneo do leite de bezerro foi a menor entre os alimentos testados na segunda etapa do experimento (Figura 10). Segundo o fabricante o sucedâneo do leite contém lactose, que possui efeito tóxico para as abelhas (BARKER, 1977). Entretanto, como não houve diferença significativa entre os alimentos pelo índice de mortalidade, tempo médio de mortalidade (Tabela 1) e entre os contrastes ortogonais e de interesse que envolveram este tratamento (Tabela 2), esta alternativa alimentar deve ser melhor analisada. Segundo Lengler et al. (2000 a) o fornecimento de sucedâneo do leite destinados a bezerros para as abelhas é uma alternativa economicamente viável e que influencia positivamente a área de cria.

Quando se compara a longevidade das abelhas nas duas etapas do trabalho observa-se que o segundo ensaio, realizado entre 07 de julho a 06 de agosto de 2003,

teve um tempo de duração duas vezes maior do que primeiro ensaio, realizado entre 15 e 30 de janeiro de 2003. Segundo Crailsheim (1990) e Crailsheim et al. (1993 b), em épocas de escassez de alimento ocorre uma redução da atividade metabólica no organismo das abelhas. A redução no metabolismo pode ter influenciando a longevidade das abelhas no ensaio realizado entre 07 de julho a 06 de agosto de 2003, época em que ocorre escassez de alimento no campo em Teresina.

Como as abelhas foram confinadas logo após a emergência e tinham a sua disposição alimento *ad libitum*, se a escassez de alimento no campo afetou a taxa metabólica e a longevidade das mesmas, os mecanismos que controlaram a expressão desta característica agiram ainda no período de cria, quando as larvas foram submetidas a uma restrição alimentar pelas operárias nutrízes, confirmando as observações de Omholt (1988, citado por AMDAM & OMHOLT, 2002).

A diferença de longevidade das abelhas nas diversas épocas do ano é uma característica conhecida e relatada por vários autores (WINSTON, 1987; NOGUEIRA-COUTO & COUTO, 1996). A longevidade das abelhas é resultado de uma dinâmica complexa envolvendo fatores bióticos e abióticos externos à colônia (AMDAM & OMHOLT, 2002). Segundo Omholt (1988, citado por AMDAM & OMHOLT, 2002) a atividade das abelhas nutrízes está relacionada com o tempo de vida da população das colônias. Em períodos de atividade intensa a longevidade é menor e em períodos de pouca atividade a longevidade é maior. Cremonez (1996 e 2001) observou que o teor de proteína na hemolinfa de abelhas recém emergidas é menor quando a disponibilidade de alimento no campo está reduzida. O teor de proteínas da hemolinfa também se relaciona com o tempo de vida das abelhas, sendo que o teor de vitelogenina tem maior participação nesta influência (AMDAM & OMHOLT, 2002).

Mortiz & Crailsheim (1987) observaram que as raças de abelhas *Apis mellifera* de clima temperado reduzem o metabolismo protéico, aumentando a longevidade. Amdam & Omholt (2002) consideram que esta é uma característica adaptativa das abelhas de clima temperado. Segundo os autores, como as abelhas de clima tropical não passam por um período de restrição alimentar tão longo quanto as abelhas de clima temperado, não houve uma evolução para períodos de longevidade tão distintos. Contudo, os resultados encontrados neste experimento sugerem que as abelhas no Brasil também possuem esta característica, podendo ser uma característica herdada das raças européias que contribuíram na formação deste poli-híbrido. Estudos complementares sobre o assunto necessitam ser realizados.

4.2. Composição dos alimentos

Os resultados obtidos para os teores de aminoácidos totais, proteína verdadeira, proteína bruta (PB) e açúcares solúveis totais (AST) podem ser observados na Tabela 3. O teor de proteína bruta foi alto na maioria dos alimentos (acima de 18%), contudo, como já era esperado, os teores de PB e de proteína verdadeira não foram semelhantes. Esses valores alterados ocorrem devido à diferença de metodologia utilizada, uma vez que para o cálculo da proteína bruta multiplica-se o teor de nitrogênio dosado no alimento por 6,25, considerando-se, assim, que todo nitrogênio contido na substância analisada é protéico, o que não condiz com a realidade (LAJOLO & TIRAPEGUI, 1998).

Tabela 3: Teores de aminoácidos livres totais, aminoácidos protéicos totais, proteína, proteína bruta e açúcares solúveis totais encontrados nos alimentos testados.

Alimentos	Aminoácidos livres ($\mu\text{moles/g}$)		Proteína (mg/g)	Proteína Bruta (%)	Açúcares (mg/g)
	Totais	Protéicos ¹			
Pólen	28,69	12,10 (42,00)	6,86	6,80	406,00
Bordão-de-velho	38,93	22,89 (59,00)	2,20	18,12	157,00
Babaçu	3,65	2,50 (68,00)	3,10	18,62	32,00
Leucena	32,42	21,66 (67,00)	1,03	26,90	12,00
Algaroba	67,08	48,08 (72,00)	1,53	7,35	390,00
Sucedâneo	15,47	12,24 (79,00)	22,60	24,42	135,00
Mandioca	30,04	19,07 (63,00)	1,08	26,73	12,00

¹ Gaba e aminoácidos protéicos livres, com exceção de prolina, cistina e triptofano.

Os números entre parêntesis referem-se à percentagem de aminoácidos protéicos em relação aos aminoácidos totais.

As abelhas não transformam nitrogênio em proteína como ocorre nos ruminantes. Dessa forma, as rações deveriam ser formuladas considerando-se o teor de proteína verdadeira. Entretanto, as referências encontradas sobre o assunto trabalham sempre com proteína bruta (HERBERT Jr. et al., 1977; AZEVEDO-BENTEZ & NOGUEIRA-COUTO, 1998; MALDONADO, 1999), sendo necessário realizar estudos para conhecer o teor de proteína verdadeira requerido pelas abelhas. Para efetuar pesquisas nessa área é preciso trabalhar com as abelhas confinadas, o que não simula o

uso real de proteína no metabolismo. Além disso, como a atividade das enzimas proteolíticas e os requerimentos protéicos modificam-se nas castas, nas diferentes fases da metamorfose, de acordo com a idade das abelhas adultas e até mesmo nas diferentes épocas do ano (WINSTON, 1987; FIGUEREDO et al., 1998; CRAILSHEIM & STOLBERG, 1989; CRAILSHEIM, 1990; CREMONEZ, 1996, 2001), determinar este requerimento não é uma tarefa simples.

O teor de proteína bruta encontrada no pólen foi baixo (6,80%). Sanford (1986) observou que, dependendo da espécie vegetal, a quantidade de PB do pólen varia de 8 a 40%, sendo a média de 13,5 e 18,5% segundo Sharma & Gupta (1996). Embora não se tenha informação sobre a quantidade de açúcares totais no pólen, o teor de AST observado neste ensaio foi alto. O baixo teor de PB e o alto teor de AST devem ser atribuídos à forma de acondicionamento do pólen analisado, que foi misturado com açúcar cristal na proporção de 1:1 com o objetivo de aumentar a durabilidade do mesmo sem necessidade de utilizar resfriamento. Buscava-se, desta forma, uma alternativa de armazenamento que pudesse ser indicada aos apicultores praticantes da agricultura familiar, caso não se encontrasse uma composição de ração satisfatória. Várias pesquisas têm demonstrado que a forma de coleta e o acondicionamento do pólen influenciam no valor nutricional (DIETZ, 1975; HERBERT Jr. & SHIMANUKI, 1982; CRAILSHEIM, 1990; SINGH & SINGH, 1996; CREMONEZ, 2001).

O baixo teor de PB observado no pólen acondicionado com açúcar foi decisivo para que o restante do pólen adquirido passasse a ser acondicionado em freezer com uma temperatura de 4°C negativos. A análise do pólen acondicionado desta forma mostrou que o mesmo possuía 20,5% de proteína bruta, comprovando que a forma de armazenagem estava influenciando negativamente este parâmetro.

Dos demais alimentos analisados, somente a farinha de vagem de algaroba possui um teor de proteína bruta que possa ser considerado baixo. Por outro lado, o teor de açúcares solúveis totais é alto, o que pode conferir a este alimento boa aceitação e palatabilidade. O alto teor de AST na algaroba já era esperado, uma vez que alguns apicultores a utilizam para produção de xarope em substituição ao açúcar (RIBEIRO FILHO, 1999). Os valores de PB e AST observados nesse experimento são inferiores aos encontrados por Barbosa (1977) que verificou que a vagem de algaroba possui 9,91 e 54,16% de proteína bruta e carboidratos solúveis, respectivamente. Segundo Oduol et al. (1986) os teores de PB e AST da algaroba são determinados geneticamente podendo variar de 9,1 a 17,9% e de 15,7 a 38,3%, respectivamente.

O sucedâneo do leite e o bordão-de-velho, a exemplo da algaroba, também possuem teores de açúcares totais altos (Tabela 3), o que pode conferir a estes alimentos uma boa palatabilidade. Segundo informações do fabricante, parte do açúcar contido no sucedâneo do leite é o dissacarídeo lactose, que em experimentos realizados por Barker (1977) mostrou-se tóxico para as abelhas. Neste experimento não foi detectado problema de toxicidade com o sucedâneo do leite. Apesar de não ser informado pelo fabricante o teor de lactose contido no mesmo, pode-se deduzir que este teor deve ser baixo, tendo sido tolerado pelas abelhas. O teor de proteína bruta encontrada no sucedâneo do leite (24,42%) foi maior do que o indicado pelo fabricante (21%).

Quanto ao bordão-de-velho, atribui-se a grande mortalidade das abelhas observada no teste de toxicidade ao seu alto conteúdo de AST, uma vez que no processo de secagem houve a caramelização do mesmo (item 4.1). Segundo Nascimento et al. (1996) as vagens do bordão-de-velho possuem sabor açucarado e suas sementes contêm um alcalóide tóxico. Os teores de proteína bruta desta vagem observadas neste ensaio foram maiores do que os verificados por Nascimento et al. (1996) que encontraram 13,3%.

O teor da PB do feno de leucena observados nesse experimento (26,90%) foi maior do que o observado por Languidey & Carvalho Filho (1993), que encontraram 20,80% de PB, e Velez (1986), que observou uma variação entre 19,90 e 20,30%, uma vez que o processo de fenação provoca uma perda de 1,63 a 2,17% de proteína bruta. Veiga & Simão Neto (1992) observaram valores maiores do que o encontrado neste ensaio, 35%, sendo esta forrageira rica também em caroteno. Salviano (1984) afirmou que folhas e ramas mais novas apresentam índices protéicos de 35% e folhas e ramas mais velhas possuem índice de 25%. Quando a leucena possui 23% de PB, pode produzir até 613 kg de PB/ha (Zoby et al., 1991).

Os teores de proteína bruta da leucena encontrados na literatura são relativamente variados sendo relacionados com os tratos culturais, as variedades estudadas, a idade da planta e as partes da planta usadas para a fenação. Velez (1986) produziu o feno a partir das folhas (folíolos + pecíolo), vagens, flores e hastes com diâmetro inferior a 1 cm. O feno analisado e fornecido às abelhas neste trabalho foi produzido utilizando-se somente os folíolos, o que explica a diferença no teor de PB encontrada. Como nesse experimento procurou-se trabalhar com materiais que estivessem mais facilmente disponíveis no campo para o apicultor, não foram incluídas as flores e vagens no feno de leucena, pois a disponibilidade dos mesmos é sazonal. No

que diz respeito ao pecíolo e às hastes, a quantidade de hemicelulose e lignina, presentes nestas estruturas, foram fatores decisivos para a exclusão dos mesmos, uma vez que estas substâncias contribuem para a baixa digestibilidade dos alimentos. Além disso, para que haja aceitabilidade de um alimento pelas abelhas é necessário que o mesmo seja finamente moído. O feno produzido somente com os folíolos pode ser processado com maior facilidade pelos apicultores sem que haja necessidade de utilizar equipamentos próprios como o moinho. Pelos mesmos motivos apresentados, na produção do feno de mandioca não foi utilizado o pecíolo.

O feno de mandioca obteve um teor de proteína bruta alto em relação ao obtido por Catandu & Menezes (1989) que verificaram 22,14%. Almeida et al. (1990) verificaram índices de 10,4 a 16,3%, produzindo entre 710 a 960 kg de PB/ha. A eliminação do pecíolo para a fenação pode ter contribuído com esse resultado.

O teor de PB observados no farelo de babaçu (18,62; Tabela 3) foi inferior ao encontrado por Mello (1983) que também trabalhou com o subproduto da indústria de extração de óleo, denominado pela autora de farinha desengordurada da amêndoa de babaçu, encontrando 21% de proteína bruta. Já Costa (1967) trabalhando com o mesmo subproduto, observou uma variação de 17,26 a 22,77% de PB. Estas diferenças podem estar relacionadas à pequenas modificações na metodologia utilizada para a extração do óleo.

Os alimentos analisados possuem um teor de aminoácidos essenciais livres de 21% para o pólen; 16% para a farinha de bordão-de-velho; 43% para o farelo de babaçu; 37% para o feno de leucena; 70% para a farinha de algaroba; 45% para o sucedâneo do leite e 38% para o feno de mandioca. A proporção de aminoácidos livres nos alimentos analisados pode ser observada na Tabela 4.

Os resultados demonstram deficiência de aminoácidos essenciais livres na farinha de bordão-de-velho, farinha de algaroba e farelo de babaçu, estando ausentes a metionina, a arginina e a lisina, respectivamente. A lisina e a arginina são indispensáveis para o desenvolvimento larval (HAYDAK, 1970), sendo importante seu fornecimento no alimento das abelhas. Entre os aminoácidos não essenciais analisados, existe a ausência somente da glutamina no farelo de babaçu. Como explicado no item Materiais e Métodos, devido à falta de padrão, não foi estimado no *pool* de aminoácidos livres o teor de triptofano, que é considerado essencial para as abelhas segundo De Groot (1953, citado por PARRA, 1986). Os teores de prolina e cistina também não foram estimados.

Não foi encontrada na literatura informação sobre a composição de aminoácidos livres dos alimentos analisados. Dos 10 aminoácidos essenciais para as abelhas, realizou-se a determinação de nove, faltando somente o triptofano. O conhecimento do teor de aminoácidos livres é interessante porque ao se realizar a composição de uma ração, os mesmos estão imediatamente disponíveis para as abelhas, independente da digestibilidade protéica.

Pela quantidade de aminoácidos protéicos encontrados em cada alimento (Tabela 3) os teores de aminoácidos livres representam 58% do *pool* de aminoácidos do pólen; 41% da farinha de bordão-de-velho; 32% do farelo de babaçu; 33% do feno de leucena; 27% da farinha de algaroba; 21% do sucedâneo do leite e 37% do feno de mandioca. Ou seja, considerando-se o teor total dos aminoácidos oferecidos às abelhas e que não há limitação de aminoácido nestes alimentos, a quantidade de aminoácidos mínima disponíveis para as abelhas seria entre 21 e 58%.

Tabela 4: Proporção (mol %) dos aminoácidos protéicos livres encontrados nos alimentos analisados.

aminoácido	pólen	bordão-de-velho	babaçu	leucena	algaroba	sucedâneo	mandioca
Essenciais							
arginina	2,44	3,48	4,83	0,49	0,00	8,62	0,54
fenilalanina	1,52	0,79	3,02	3,66	3,24	1,56	4,09
histidina	1,75	1,32	5,34	2,40	0,15	2,00	2,47
isoleucina	1,63	0,46	2,24	2,54	0,86	1,68	2,54
leucina	2,55	1,57	4,24	7,82	18,19	2,03	6,67
lisina	2,03	1,20	0,00	2,52	0,83	11,29	4,36
metionina	0,14	0,00	10,23	12,05	32,62	2,98	8,78
treonina	2,04	0,38	2,72	1,52	9,08	3,62	1,50
valina	3,22	4,41	4,59	1,14	5,54	5,07	4,25
Não essenciais							
γ -aminobutirato	21,16	5,50	12,34	24,92	4,27	7,53	23,71
alanina	22,27	12,04	23,37	21,71	2,11	13,84	21,32
asparagina	14,60	4,99	2,65	3,01	2,64	2,16	3,12
aspartato	5,15	3,05	2,61	0,62	0,91	3,76	0,56
glicina	3,30	2,46	1,30	3,00	5,43	2,36	2,92
glutamato	3,44	7,58	7,38	2,48	0,44	12,25	2,60
glutamina	2,44	0,66	0,00	3,88	0,16	1,75	4,16
treonina	5,87	3,15	8,52	4,04	8,87	9,74	4,18
serina	4,45	3,96	4,63	2,21	4,66	7,77	2,25

Na Tabela 5 observa-se os teores de aminoácidos encontrados em alguns dos alimentos analisados, segundo as informações da Embrapa (1989); a variação de

aminoácidos do pólen, segundo informações de Lengler (1999); o teor de aminoácidos exigido pelas abelhas, segundo De Groot (1953, citado por STACE, 1996) e o valor biológico das proteínas para *Apis mellifera*, considerando uma digestibilidade de 100%. É importante lembrar que os dados observados na Tabela 4 são referentes aos aminoácidos livres de cada alimento, enquanto que na Tabela 5 observa-se os teores de aminoácidos totais (protéicos e livres).

O valor biológico de uma proteína é a medida direta da fração protéica digerida do alimento que pode ser utilizado pelo animal e depende do conteúdo de aminoácidos no alimento e da necessidade requerida pelo animal (ANDRIGUETTO et al., 2002). Os aminoácidos de menor teor no alimento em relação à necessidade requerida pelo animal limitarão o aproveitamento protéico e o valor biológico do alimento analisado.

A análise de aminoácidos livres do pólen mostrou que 42% dos aminoácidos são protéicos. A quantidade de aminoácidos presente na proteína do pólen tem uma ampla faixa de variação, segundo Lengler (1999, Tabela 5). Considerando-se somente os teores mínimos de aminoácidos, o valor biológico da proteína do pólen é 5%, ou seja, devido à limitação de aminoácidos somente 5% do pólen é utilizado como fonte protéica, os demais aminoácidos são desaminados e queimados para produção de energia. O primeiro aminoácido limitante é o triptofano; a isoleucina é o segundo limitante e a metionina o terceiro.

Considerando-se os teores máximos de aminoácidos no pólen, segundo Lengler (1999), o valor biológico deste alimento para as abelhas *Apis mellifera* sobe de cinco para 38%, sendo a isoleucina, o triptofano e a metionina o primeiro, segundo e terceiro aminoácidos limitantes, respectivamente. Stace (1996) também verificou que a isoleucina é um aminoácido limitante na Austrália. Os valores biológicos calculados para o pólen são baixos. Contudo, deve-se lembrar que os teores de aminoácidos apresentados referem-se a uma faixa e variação, e o pólen de uma determinada espécie de planta não terá todos os teores mínimos ou máximos propostos por Lengler (1999). Além disto, segundo Andriguetto et al. (2002), a combinação de duas ou mais proteínas de baixo valor biológico, mas com limitações diferentes de aminoácidos, ocasiona uma suplementação de aminoácidos e conseqüentemente um aumento do valor biológico do alimento em relação aos componentes isolados. Como as abelhas *Apis mellifera* são generalistas, alimentando-se de pólen e néctar de várias espécies vegetais (ROUBIK, 1989), acabam por balancear a proteína consumida.

Tabela 5: Comparações entre os teores de aminoácidos (AA) protéicos (%) existentes nos alimentos com o requerimento exigido pelas abelhas e valor biológico (VB) da proteína (%) dos alimentos calculado para *Apis mellifera*.

Aminoácidos	Abelha ¹	Pólen				Babaçu ³		Leucena ⁴		Algaroba ³		Mandioca ³	
		AA _{min} ²	AA _{max} ²	VB _{min}	VB _{max}	AA	VB	AA	VB	AA	VB	AA	VB
Arginina	3,00	0,40	2,45	13	82	2,00	67	6,40	213	5,17	172	1,20	40
Fenilalanina	2,50	0,30	1,55	12	62	0,97	39	5,40	216	2,45	98	5,42	217
Histidina	1,50	0,15	0,85	10	57	1,99	133	2,70	180	-	-	-	-
Isoleucina	4,00	0,25	1,50	6	38	1,45	36	5,00	125	3,67	92	5,24	131
Leucina	4,50	0,40	2,45	9	54	3,06	68	9,00	200	7,75	172	8,45	188
Lisina	3,00	0,35	2,30	12	77	3,44	115	6,70	223	3,81	127	5,68	189
Metionina	1,50	0,10	0,75	7	50	2,04	136	1,40	93	-	-	1,76	117
Triptofano	3,00	0,15	1,20	5	40	0,48	16	4,30	143	0,95	32	1,42	47
Treonina	1,00	0,25	1,45	25	145	2,63	263	4,60	460	3,67	367	5,95	595
Valina	4,00	0,30	1,70	8	43	3,87	97	5,80	145	7,62	191	6,10	153

¹ Necessidade de aminoácidos essenciais das abelhas segundo De Groot (1953, citado por STACE, 1996).

² Teores mínimos (AA_{min}) e máximos (AA_{max}) de aminoácidos encontrados no pólen segundo Lengler (1999).

³ Teores de aminoácidos segundo Embrapa (1989).

⁴ Teores de aminoácidos segundo Palafox & Reis (1961, citado pela FAO, 1991).

Apesar do baixo nível de proteína e proteína bruta existente na farinha de algaroba, 72% dos aminoácidos livres encontrados nesse alimento são protéicos e 70% dos aminoácidos livres totais são essenciais. O valor biológico da proteína de algaroba, calculado segundo informações da Embrapa (1989), para as abelhas *Apis mellifera* é 32%, sendo a proteína limitada pelo baixo teor de triptofano. O segundo aminoácido limitante é a isoleucina e terceiro é a fenilalanina. Contudo os teores de isoleucina e fenilalanina encontrados na vagem de algaroba permitem que as abelhas aproveitem 92 e 98% da proteína oferecida, respectivamente, deixando a dúvida se os mesmos podem ser considerados limitantes.

A algaroba começou a ser introduzida no Brasil pelo estado de Pernambuco em 1942 (AMARAL, 1987), embora seu potencial apícola seja pouco estudado, segundo Nobre (1982, citado por AMARAL, 1987) no Nordeste Brasileiro a produção de mel desta espécie pode ser de 100 a 200 kg/ha/ano. Além do fornecimento do néctar, alguns apicultores relatam ter observado as abelhas rasparem as vagens no período de escassez de alimento no campo atraídas pela quantidade de açúcar existente no fruto. Nesta pesquisa trabalhou-se com a espécie *Prosopis juliflora*, entretanto as espécies *Prosopis nigra*, *Prosopis alba*, *Prosopis tamarugo* e *Prosopis chilenses* também são popularmente denominadas de algaroba. Segundo Zelada (1986) a produção de fruto pode variar de 11,00 a 42,40 kg/árvore/ano dependendo da espécie e das condições ambientais do ano. O valor nutritivo das vagens não é influenciado pelas condições climáticas, mas varia de acordo com a espécie (ODUOL et al., 1986).

Além do fruto, a folha de algaroba é fornecida como forrageira ao gado. Com uma produção de 19 a 88 kg/árvore/ano, dependendo da espécie, as folhas possuem 10,9 a 13,5% de proteína bruta (ZELADA, 1986) e poderiam ser uma opção de fornecimento de alimento para as abelhas, necessitando a realização de estudos sobre esta possibilidade.

O valor biológico da proteína da folha de mandioca para *Apis mellifera* calculado, segundo informações da Embrapa (1989), é 40%, sendo a arginina o primeiro aminoácido limitante e o triptofano o segundo aminoácido limitante. Não há outro AA limitante neste alimento. A proteína da folha de mandioca é considerada de alta qualidade devido à disponibilidade de aminoácidos essenciais, sendo incentivado seu consumo para a alimentação humana (SOUZA et al., 2000).

O cálculo do valor biológico do farelo de babaçu, realizado segundo informações da Embrapa (1989), mostrou que este alimento possui o menor valor biológico (16%)

devido aos teores de triptofano, primeiro aminoácido limitante. A isoleucina e fenilalanina são o segundo e o terceiro aminoácidos limitantes, respectivamente.

Segundo os teores de aminoácidos da folha da leucena, informados pela Embrapa (1989), este alimento possui um valor biológico para as abelhas muito alto, 93%, sendo limitado somente pela metionina. Contudo, a exemplo do que aconteceu com o segundo e terceiro aminoácidos limitantes da farinha de algaroba, o teor de metionina é tão próximo ao requerido pela abelha que deixa margem de dúvida sobre a limitação deste aminoácido.

Os cálculos do valor biológico da proteína do feno de mandioca, feno de leucena, vagem de algaroba e farelo de babaçu permitem concluir que destes alimentos somente o feno da leucena pode ser fornecido às abelhas de forma isolada como fonte protéica por conter praticamente todos os aminoácidos essenciais na dosagem requerida pelas abelhas. Contudo os demais alimentos podem entrar na formulação de rações, sendo complementados com outros ingredientes para suprir as deficiências de aminoácidos existentes. Por falta de informações dos teores de aminoácidos na proteína do bordão-de-velho e do sucedâneo do leite para bezerro, não se calculou o valor biológico da proteína destes alimentos.

4.2.1. Formulação das rações

As rações desenvolvidas nesse trabalho possuem 20% de proteína bruta. Hebert Jr. et al. (1977) e Azevedo-Benitez & Nogueira-Couto (1998) observaram, respectivamente, que dietas contendo 23% e 20% de proteína bruta surtem um efeito satisfatório nas colméias.

Além da proteína bruta, foi considerada a composição dos aminoácidos na formulação das rações. Embora tenham sido realizadas análises dos teores de 18 aminoácidos, para o balanceamento da ração só foram considerados os teores de histidina, treonina, arginina, metionina, valina, fenilalanina, isoleucina, leucina e lisina, aminoácidos essenciais para as abelhas (DE GROOT, 1953 citado por STACE, 1996).

Com base nos testes de toxicidade e na composição de aminoácidos selecionou-se para a elaboração das rações o feno de mandioca, a farinha de algaroba e o farelo de babaçu. Embora não se tenha informação sobre o teor de aminoácidos na proteína do sucedâneo do leite, como o mesmo já é utilizado por grandes apicultores em Picos, optou-se por incluí-lo na formulação de uma ração.

Apesar da farinha de bordão-de-velho possuir uma boa quantidade de proteína bruta (18,12 %) e nove dos dez aminoácidos essenciais no *pool* de aminoácidos livres, (Tabela 4), não foi usada na composição das rações devido ao resultado do teste de toxicidade. Esse resultado permitiu concluir que esta farinha só deveria ser testada na formulação de uma ração se entrasse em pequena proporção na composição, para evitar a absorção de água do ambiente e a mudança na textura do alimento fornecido. Contudo, com os alimentos testados, para se balancear uma ração utilizando o bordão-de-velho com 20% de PB só seria possível utilizando o feno de mandioca, na proporção 78:22, respectivamente; feno de leucena (79:21) e o sucedâneo do leite (70:30), a alta proporção do bordão-de-velho necessária para o balanceamento (70 a 79%) inviabilizou a sua utilização.

O teor de PB e o valor biológico do feno de leucena indicam que o mesmo pode ser fornecido de forma isolada para as abelhas. Entretanto como a proposta deste ensaio era padronizar o nível de PB e assim reduzir as variáveis que podem interferir no desempenho do alimento fornecido, optou-se por não trabalhar com o feno de leucena puro. Por outro lado, para formulação de ração com 20% de PB com os alimentos selecionados a partir de leucena, a mesma só poderia ser misturada com a farinha de algaroba e o farelo de babaçu. Como estes alimentos também poderiam ser combinados com o feno de mandioca, que é mais acessível aos apicultores, optou-se por descartar o feno da leucena neste ensaio. Contudo não se rejeita a possibilidade deste alimento ser fornecido às abelhas, devendo-se prosseguir com as pesquisas para esta finalidade.

Com os alimentos selecionados foi possível formular três rações diferentes usando a farinha do feno de mandioca e farinha da vagem de algaroba (1,8:1); farinha do feno de mandioca e farelo de babaçu (1:4,9) e farelo de babaçu e o sucedâneo do leite (3,2:1). Os preparados foram misturados com xarope invertido em proporções diversas para formar uma pasta. Com finalidade de aumentar a aceitabilidade das rações, para cada 100 ml de xarope usado, adicionou-se 10 gotas de essência de baunilha. O desempenho das rações foi comparado ao do pólen, que também foi misturado com xarope invertido, porém sem adição da essência de baunilha. A formulação dos alimentos usados é descrita a seguir, a composição das rações quanto aos teores de aminoácidos livres na mistura seca pode ser observada na Tabela 6.

- T01: 260 g de feno de mandioca moído; 140 g de farinha de algaroba; 437,39 g (350 ml) de xarope e 0,96 g (35 gotas) de essência de baunilha;
- T02: 68 g de feno de mandioca moído; 332 g de farelo de babaçu moído; 643,90 g (500 ml) de xarope e 1,32 g (50 gotas) de essência de baunilha;
- T03: 304 g de farelo de babaçu moído; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g (400 ml) de xarope e 1,08 g (40 gotas) de essência de baunilha;
- T04: 500g de pólen apícola e 254,79 (200 ml) de xarope.

Tabela 6: Teores de aminoácidos livres ($\mu\text{g/g}$) na mistura seca das rações formuladas e no pólen utilizado para alimentação das colméias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004 .

Aminoácido	T01 ¹	T02 ²	T03 ³	T04 ⁴
Essenciais				
arginina	7,10	9,83	7,33	51,43
fenilalanina	14,39	2,18	2,47	32,58
histidina	20,52	5,31	13,49	32,86
isoleucina	52,53	3,67	8,12	24,13
leucina	534,08	8,54	54,61	40,48
lisina	82,62	19,55	13,12	35,91
metionina	1.458,67	10,39	136,11	2,53
treonina	191,44	28,92	132,68	84,59
valina	55,66	18,15	48,13	45,62
Sub-total	2.235,48	80,27	329,85	310,27
Não essenciais				
γ -aminobutirato	656,37	103,14	64,62	263,97
alanina	455,42	250,81	163,60	240,10
asparagina	38,96	63,07	63,44	265,17
aspartato	5,25	4,62	8,26	82,94
glicina	12,43	4,62	19,34	29,98
glutamato	52,52	39,22	31,94	61,23
glutamina	13,34	2,89	0,39	43,13
serina	63,84	15,65	58,69	56,59
tirosina	9,91	2,65	46,47	44,73
Sub-total	1489,57	512,94	542,96	1127,7
TOTAL	3.725,05	593,21	872,81	1.437,97

¹ 260 g de mandioca e 140 g de algaroba; ² 68 g de mandioca e 332 g de babaçu; ³ 304 g de babaçu e 96 g de sucedâneo do leite e ⁴ pólen apícola.

Existia, ainda, a possibilidade de formular uma ração contendo 76% de farinha de algaroba e 24% de sucedâneo do leite, entretanto, como o primeiro ingrediente é mais

utilizado por pequenos apicultores com escassez de recursos e poucas colméias e o segundo é utilizado por grandes apicultores com grande quantidade de colméias, descartou-se esta combinação por falta de praticidade.

Na Tabela 7 pode-se observar o requerimento de aminoácidos das abelhas, segundo De Groot (1953, citado por STACE, 1986), e os teores de aminoácidos existentes na matéria seca das rações formuladas. Para o cálculo destes teores levou-se em consideração o conteúdo de aminoácidos na proteína da folha de mandioca, farelo de babaçu e vagens de algaroba fornecidas pela Embrapa (1989). Para calcular a participação dos teores de aminoácidos do sucedâneo do leite na ração que tem este alimento em sua composição, levou-se em consideração os aminoácidos livres determinados nesta pesquisa, uma vez que não se tem informações sobre o teor de aminoácidos na proteína do mesmo. Desta forma na ração composta por farelo de babaçu e sucedâneo do leite, a quantidade de aminoácidos existentes está subestimada.

Tabela 7: Necessidade de aminoácido essenciais das abelhas e teores de aminoácidos essenciais (g/100g de proteína) na matéria seca das rações formuladas e fornecidas às colônias de *Apis mellifera* no ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Aminoácido	Abelhas ¹	T01 ²	T02 ³	T03 ⁴
arginina	3,00	2,6	1,9	2,0
fenilalanina	2,50	4,4	1,7	0,8
histidina	1,50	0,4	1,8	1,6
isoleucina	4,00	4,7	2,1	1,2
leucina	4,50	8,2	4,0	2,4
lisina	3,00	5,0	3,8	3,3
metionina	1,50	2,0	2,0	1,7
treonina	3,00	1,1	0,6	0,6
triptofano	1,00	0,3	2,2	2,0
valina	4,00	6,6	4,2	3,2

¹ Necessidade de aminoácidos essenciais das abelhas segundo De Groot (1953, citado por STACE, 1996).

² Teor de aminoácido em 260 g mandioca e 140 g de algaroba calculado a partir das informações da Embrapa (1989).

³ Teor de aminoácido em 68 g de mandioca e 332 g de babaçu calculado a partir das informações da Embrapa (1989).

⁴ Teor de aminoácido em 304 g de babaçu e 96 g sucedâneo do leite calculado a partir das informações da Embrapa (1989) e dos teores de aminoácidos livres encontrados no sucedâneo do leite.

Apesar de não se ter conseguido balancear uma ração com todos os teores de aminoácidos exigidos pelas abelhas, comparando-se as tabelas 6 e 7 observa-se que a deficiência de aminoácidos foi reduzida. Na ração composta por feno de mandioca e farinha de algaroba só existe deficiência de quatro aminoácidos (histidina, treonina,

triptofano e arginina), enquanto que a farinha de algaroba possuía deficiência de cinco aminoácidos (histidina, treonina, triptofano, fenilalanina, isoleucina) e o feno de mandioca possuía deficiência dos mesmos aminoácidos da ração, porém mais acentuada.

A ração composta por feno de mandioca e farelo de babaçu possui deficiência nos teores de treonina, arginina, fenilalanina, isoleucina e leucina, contudo, a quantidade de leucina da ração é muito próxima à quantidade requerida pelas abelhas. O balanceamento desta ração complementou o farelo de babaçu, que possuía deficiência nos aminoácidos citados e ainda em triptofano e valina.

Aparentemente, a terceira ração formulada só satisfaz os requerimentos de histidina, lisina, metionina e triptofano, contudo, é importante lembrar que os teores de aminoácido desta ração estão subestimados, uma vez que não se tem informação sobre a composição de AA da proteína digerida do sucedâneo do leite.

Embora se saiba da importância do fornecimento dos aminoácidos essenciais para as abelhas, poucos trabalhos sobre alimentação de abelhas têm levado o teor de aminoácidos em consideração. Garcia et al. (1986) não verificaram influência do fornecimento de lisina e metionina na área de cria. Segundo Stace & White (1994) o suplemento com isoleucina em regiões com disponibilidade de pólen aumenta o desenvolvimento das colônias e a produção de rainhas e melhora o aproveitamento do pólen.

4.3. Consumo do alimento

Durante os 132 dias de fornecimento dos alimentos o consumo total variou de 150,69 a 534,49 g/colônia (Tabela 8), havendo diferença significativa entre os tratamentos ($t = 11,45$; $P < 0,01$). Entre os alimentos fornecidos, a pasta de pólen com o açúcar invertido foi o mais consumido ($450,95 \pm 110,90$ g/colônia), estando de acordo com o observado por Dietz (1975) e Sanford (1996). Entretanto, Chhuneja et al. (1992) testaram seis formulações de alimento diferentes contendo 4% de leite desnatado e 26% de sacarose em pó, perfazendo 14,72% de proteína bruta, e perceberam que em determinadas épocas do ano as rações eram mais consumidas do que o pólen.

O menor consumo das três rações formuladas ocorreu nos 45 dias finais da mensuração dos dados, mesma época em que se observou maior consumo de pólen (tabela 8). A análise do consumo mensal mostrou haver diferença significativa pelo teste

t de Kruskal-Wallis no mês de dezembro (t = 10,31; P < 0,05) e fevereiro (t = 10,33; P < 0,05). Não houve diferença significativa no mês de janeiro (t = 4,76; P > 0,05).

A ração formulada por feno de mandioca e farinha de algaroba (T01) foi a menos consumida, sugerindo ter menor palatabilidade do que as demais rações. O pólen foi o alimento mais ingerido. As demais rações tiveram um consumo variado, mas pelo consumo final verifica-se que foram menos ingeridas do que o pólen.

Observa-se que as três rações formuladas tiveram uma redução do consumo entre dezembro e janeiro de 67%, aproximadamente, e entre janeiro e fevereiro de 39%. Nas colônias alimentadas com pólen também houve uma redução do consumo entre dezembro e janeiro, só que esta foi mais acentuada, 89%. Entre janeiro e fevereiro o consumo da pasta de pólen aumentou 15%.

Tabela 8: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) do consumo do alimento em dezembro, janeiro e fevereiro e do consumo total (g) das colônias de *Apis mellifera* referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Consumo/ tratamento	T01 ¹	T02 ²	T03 ³	T04 ⁴
Postos				
Dezembro	4,80 c	11,40 ab	9,20 abc	16,60 a
Janeiro	7,60	11,00	8,40	15,00
Fevereiro	6,60 b	11,60 ab	6,80 b	17,00 a
Consumo total	6,40 b	9,60 b	8,00 b	18,00 a
Médias±dp				
Dezembro	62,19±14,00	85,12±6,35	87,11±3,86	122,49±24,22
Janeiro	47,63±21,50	56,49±9,33	50,36±14,23	108,22±58,83
Fevereiro	19,49±26,55	23,12±13,47	17,20±18,52	113,86±56,74
Consumo total	200,51±49,15	235,13±15,06	229,28±51,31	450,95±110,90

Postos seguidos por letras semelhantes na mesma linha não diferem significativamente entre si

¹ 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha.

² 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha.

³ 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha.

⁴ 500 g de pólen apícola e 254,79 g de xarope

Garcia et al. (1986) estudando o fornecimento de diversos alimentos protéicos com 20, 30 e 40% de PB e enriquecidos com lisina, metionina e metionina + cistina observaram um consumo médio de 3,77 g/dia, havendo uma redução no consumo ao longo do tempo. Segundo os autores, apesar de haver diferença significativa entre o consumo das rações fornecidas, a quantidade de proteína bruta ingerida pelas abelhas teve pouca variação (1,06 a 1,47 g), demonstrando que o teor de PB influencia na coleta de alimento.

Vários fatores podem influenciar o consumo do alimento protéico como o tamanho da família (BITIOLI & CHAUD NETTO, 1992) e o fornecimento de alimento que contenha o requerimento nutricional necessário para as abelhas (STACE & WHITE, 1994). As pesquisas realizadas com alimentação suplementar das colônias têm observado que o consumo varia de 100 a 476,28 g/colônia/semana (STANDIFER et al., 1977; CRAILSHEIM et al., 1992; CREMONEZ, 1996; COUTO, 1998), contudo, estes alimentos são energético-protéicos.

Quando se analisa somente o consumo de alimento protéico, os resultados são diferenciados. Stace & Hayter (1994) verificaram que o consumo de diversos alimentos protéicos variou de 1,29 a 4,65 g/dia. Campana & Moeller (1977) observaram que o consumo de pólen da colônia pode variar de 8,45 a 15,17 g/dia. Moraes & Nogueira-Couto (2000) verificaram que o fornecimento de 10 g de alimento a cada três dias (aproximadamente 3,3 g/dia) é suficiente para aumentar a produção de geléia real.

Neste ensaio o fornecimento de alimento energético e protéico foi realizado separadamente, sendo que cada colônia recebeu 437,39 g de xarope/semana (71,43 ml/dia). O consumo diário dos alimentos variou de 0,23 a 4,37 g/dia/colônia em T01; 0,35 a 4,86 g/dia/colônia em T02; 0,00 a 5,59 g/dia/colônia em T03 e 1,49 a 10,69 g/dia/colônia em T04.

Segundo Winston (1987) são necessários 125 a 145 mg de pólen para criar uma única operária. Free (1980) avalia que esta quantidade varia de 70 a 150 mg. Segundo Woyke (1999), a quantidade de alimento fornecido às larvas é maior nas épocas de disponibilidade de alimento no campo (32,1 a 43,9 mg/dia) do que na época de escassez (12,8 a 16,6 mg/dia), sendo a alimentação influenciada também pela presença ou ausência de rainha na colméia.

Considerando-se que a necessidade diária de alimento protéico de uma larva de operária é de aproximadamente 27 mg e supondo que todo o alimento consumido neste ensaio foi destinado às crias, como o consumo médio dos alimentos foi 1.350

mg/dia/colônia em T01; 1.740 mg/dia/colônia em T02; 1.850 mg/dia/colônia em T03 e 3.650 mg/dia/colônia em T04, pode-se calcular que as operárias de cada colméia possuíam a capacidade de alimentar diariamente 50 larvas em T01; 64 larvas em T02; 68 larvas em T03 e 135 larvas em T04.

Apesar da capacidade de postura da rainha estar relacionada com a disponibilidade de alimento na colônia e a quantidade de alimento fornecida à mesma pelas operárias (WINSTON, 1987), pode-se considerar que uma rainha nova faz postura de 1.000 ou mais ovos por dia (FREE, 1980). Assim, se a rainha manteve sua capacidade de postura, verifica-se que a quantidade de alimento consumido não foi suficiente para sustentar toda a prole. Estes resultados sugerem que seria interessante tornar as rações mais palatáveis, para que se pudesse aumentar a capacidade das famílias de cuidar das crias.

A palatabilidade de alimentos para as abelhas é uma preocupação das pesquisas que buscam uma alternativa para o período de entressafra. Szymas et al. (1996) verificou que a adição de pólen na composição dos alimentos aumenta a palatabilidade das rações. Apesar da vitamina C ser considerada fagoestimulante para os insetos (DADD, 1973; KRAMESR & SEIB, 1982 citado por PARRA, 1986), Chang et al. (1993) não conseguiram correlacionar o consumo com o teor de vitamina C do alimento fornecidos às abelhas, contudo os autores atribuíram os resultados obtidos aos baixos teores desta vitamina por eles utilizados. Segundo Stace & Hayter (1994), a presença de 6 a 10% de lipídeos nos alimentos aumenta a palatabilidade para as abelhas. Lopes et al. (2004) verificaram aumento de produção de geléia real em colônias alimentadas com ração enriquecida com óleo de girassol.

Neste experimento não foi possível mensurar os teores de vitamina C e lipídeos nas rações formuladas, entretanto, segundo Embrapa (1989), a quantidade de extrato etéreo na farinha de algaroba é 0,59%, no feno de mandioca é 3,48% e no farelo de babaçu 3,04%. A quantidade de extrato etéreo no sucedâneo do leite, segundo informações do fabricante, é 9%. Com estes dados estima-se que o teor de extrato etéreo em T01 seja de 2,46%; em T02 é de 3,13% e em T03 é de 4,47% . Por outro lado o pólen seco pode conter de 5 a 9% de lipídeos segundo Almeida-Muradian et al. (2004). Comparando os dados de teores de extrato etéreo nos alimentos fornecidos não é possível concluir se houve influência do mesmo no consumo.

Segundo Kim & Smith (2000) em *Apis mellifera* o consumo do alimento é potencializado pela glicina, entretanto, neste ensaio não foi possível relacionar esses

dois fatores, pois nos meses em que houve diferença significativa no consumo do alimento, a ração com menor teor de glicina (T02) foi mais consumida. O teor de glicina no *pool* de aminoácidos livres foi 12,43 µg em T01; 4,62 µg em T02 e 19,43 µg em T03.

A localização do alimento na colméia também interfere no consumo. Baidya et al. (1993) compararam o consumo posicionando o alimento acima dos quadros de cria e entre os quadros de cria e verificaram maior consumo nesta última posição. Neste experimento utilizou-se o alimentador de cobertura, assim os alimentos foram posicionados acima da colméia.

Apesar do consumo da ração ser um parâmetro que deve ser considerado quando se trabalha com alimentação suplementar das abelhas, Shoreit & Hussein (1993) ofereceram o mesmo suplemento protéico em quantidades diferentes para um grupo de colônias de *Apis mellifera* e verificaram maior desenvolvimento das famílias que receberam menor quantidade de alimento.

Segundo Lengler (*informação verbal*¹) o odor da essência de baunilha é atrativo para as abelhas e estimula o consumo alimentar. Como neste ensaio utilizou-se proporcionalmente a mesma quantidade de essência de baunilha nas três rações formuladas (10 gotas:100 ml de xarope) é difícil analisar a eficiência da baunilha no consumo.

A quantidade de AST contida na ração antes de ser adicionado o xarope invertido provavelmente não interfere na aceitação do alimento, pois foi observada diferença grande entre os níveis de AST (57.120 mg/g em T01; 11.440 mg/g em T02 e 22.688 mg/g em T03) e, nos meses em que houve diferença significativa entre os tratamentos, a ração contendo níveis de açúcares solúveis totais intermediário (T02) foi a mais consumida depois do pólen.

4.4. Desenvolvimento das colônias

4.4.1. Peso

O peso inicial das colméias variou de 17,30 a 37,60 kg, havendo uma amplitude de 20,30 kg. Ao final do ensaio o peso variou de 20,80 a 47,60 kg, uma amplitude de 26,80 kg. Na Figura 11 pode-se observar o desenvolvimento do peso no apiário ao longo do experimento. O período de maior ganho de peso ocorreu nos primeiros 29 dias

¹ Informado por Silvio Lengler durante a realização do mino-curso “Alimentação das Abelhas” no I Congresso Norte-Nordeste de Apicultura realizado em Natal, RN de 28 a 30 de novembro de 2001.

quando as colméias tiveram um aumento médio de 19%. Entre os meses de dezembro e janeiro as colméias praticamente mantiveram seu peso, havendo um ganho pequeno, somente 1%. Nos últimos 40 dias do ensaio, entre janeiro e fevereiro houve um incremento de 10% no peso. Acompanhando-se o peso inicial e final das colméias observa-se um aumento de 32%.

Pela análise do peso médio dos tratamentos, verifica-se um incremento deste parâmetro durante o período de estudo para os quatro alimentos testados (Figura 12). Contudo, não se observa diferença significativa a 5% de probabilidade pelo teste t de Kruskal-Wallis a cada mês (Tabela 9). As médias com os respectivos desvios-padrões do peso de cada tratamento nas quatro mensurações realizadas podem ser observadas na Tabela 10.

As colônias de T01 tiveram um incremento total no peso de 29%. Pela curva de desenvolvimento (Figura 12) observa-se que este tratamento acompanhou a tendência geral de desenvolvimento do peso (Figura 11). O maior ganho de peso foi observado nos primeiros 30 dias, 15%. A análise de regressão foi significativa para a função linear ($\text{Peso}_{T01} = 15,71 + 4,03 x$; $R^2 = 0,8105$).

Tabela 9: Resultados para estatística T e seus níveis de significância (α) para peso, área de mel, pólen, cria de operária aberta (opa) e fechada (opf) e cria total referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Parâmetro	Mês							
	Novembro		Dezembro		Janeiro		Fevereiro	
	T	α	T	α	T	α	T	α
Peso	2,02	n.s.	2,30	n.s.	1,88	n.s.	4,90	n.s.
Mel	6,98	n.s.	1,38	n.s.	2,03	n.s.	4,18	n.s.
Pólen	1,32	n.s.	4,51	n.s.	3,46	n.s.	8,08	0,05 *
Opa	1,99	n.s.	1,17	n.s.	2,84	n.s.	2,83	n.s.
Opf	5,61	n.s.	0,46	n.s.	2,06	n.s.	1,60	n.s.
Cria total	4,36	n.s.	0,28	n.s.	1,81	n.s.	0,73	n.s.

* diferença significativa; n.s.: não significativo

As colônias alimentadas com a mistura de feno de mandioca e farinha de babaçu (T02) tiveram o maior incremento no peso, 46% no total. Entretanto, a curva de

desenvolvimento do peso deste tratamento não acompanhou a curva geral no apiário (Figura 11). Apesar do incremento de peso em T02 ter sido maior que o incremento dos demais tratamentos entre os meses de novembro e dezembro (25%) e entre os meses de janeiro e fevereiro (20%), pela Figura 12, verifica-se que entre os meses de dezembro e janeiro houve perda de peso na ordem de 3%, contudo, a análise de regressão foi significativa para uma função linear ($\text{Peso}_{T02} = 21,25 + 3,07 x$; $R^2 = 0,8388$).

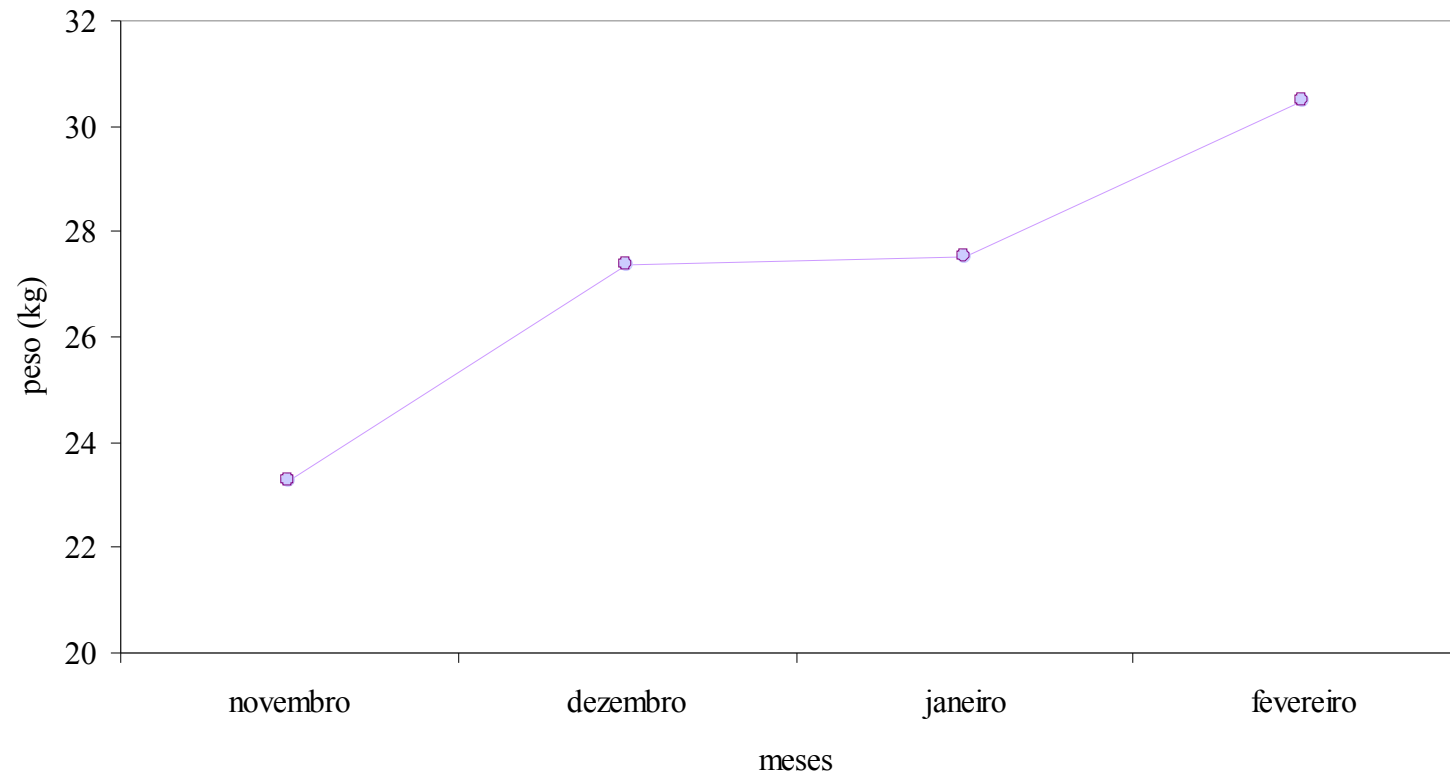


Figura 11: Desenvolvimento geral do peso das colméias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004.

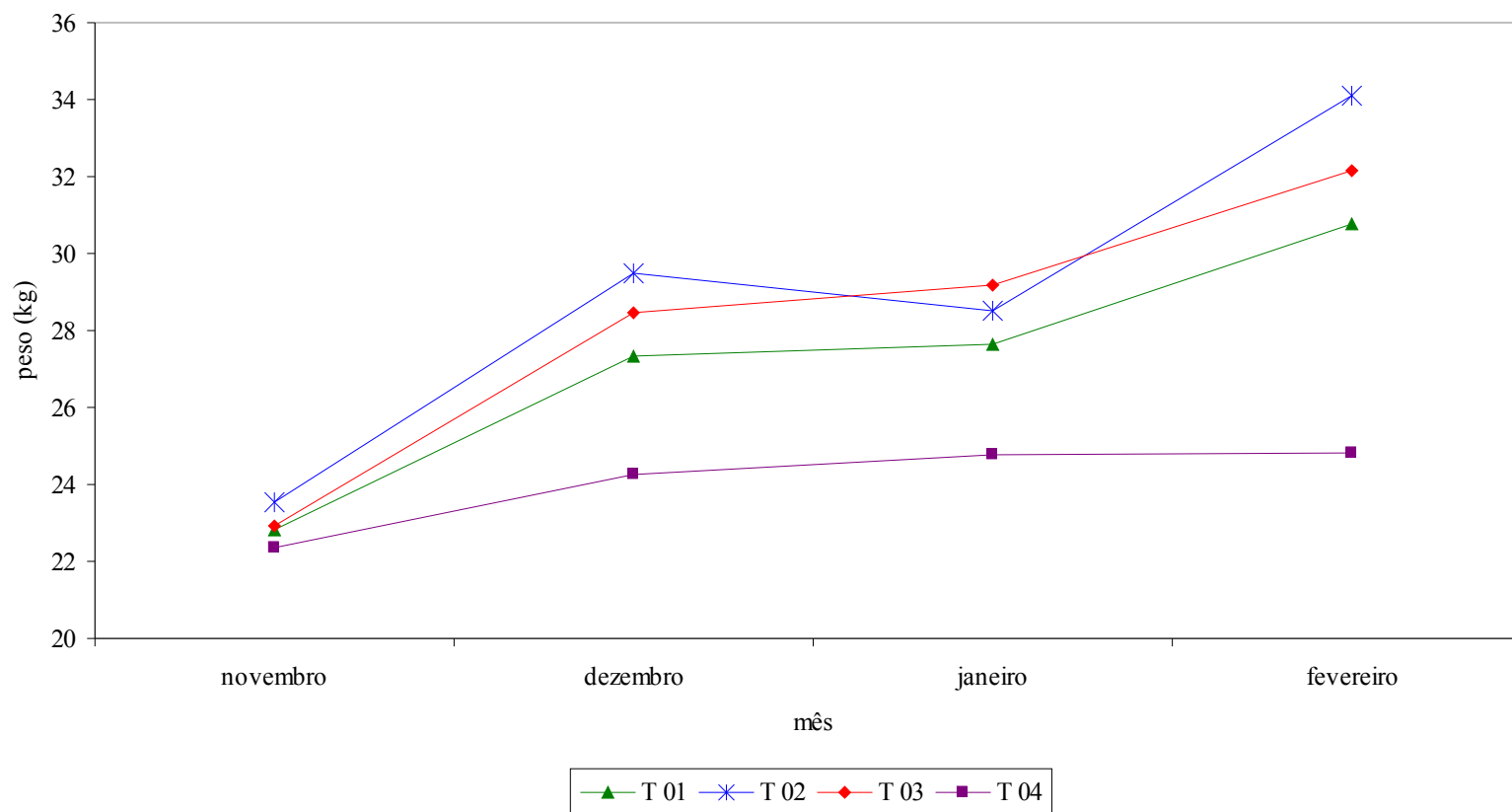


Figura 12: Desenvolvimento do peso das colméias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo do leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

Em T03 observa-se um incremento total no peso de 40%, havendo um acompanhamento da tendência geral de desenvolvimento do peso no apiário (Figura 11). O maior ganho de peso foi observado nos primeiros 30 dias, 24%. A análise de regressão não foi significativa neste tratamento.

O menor incremento de peso foi observado nas colônias que receberam a pasta de pólen. Os enxames deste tratamento não acompanharam o desenvolvimento geral das colônias observado na Figura 11. Embora o melhor período de desenvolvimento das colônias de T04 tenha sido observado nos primeiros trinta dias do experimento, quando houve um ganho de peso de 10%, a partir deste momento o peso deste tratamento permaneceu praticamente inalterado, havendo somente um incremento de 1% entre dezembro e janeiro. A análise de regressão não foi significativa.

Na Tabela 10 observa-se os postos médios, as médias e os desvios-padrões dos pesos ao longo do experimento.

A média do peso de T04 no início do experimento foi $22,36 \pm 1,60$ kg e ao final do experimento $24,84 \pm 1,27$ kg. No total houve um incremento de 13% no peso destas colônias. Como os enxames que receberam pólen consumiram mais alimento, esperava-se maior ganho de peso nas famílias deste tratamento.

Tabela 10: Postos médios, médias e desvios-padrões mensais do peso (kg) das colônias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Mês/ tratamento	T01	T02	T03	T04
Postos				
Novembro	7,40	12,40	10,80	11,40
Dezembro	10,00	13,60	10,40	8,00
Janeiro	10,80	11,40	12,30	7,50
Fevereiro	10,20	14,40	11,20	6,20
Médias e Desvios-Padrões				
Novembro	$17,44 \pm 3,74$	$23,56 \pm 1,58$	$22,90 \pm 2,70$	$22,36 \pm 1,60$
Dezembro	$27,32 \pm 3,56$	$29,48 \pm 2,01$	$28,48 \pm 3,63$	$24,26 \pm 0,91$
Janeiro	$27,64 \pm 3,27$	$28,52 \pm 1,83$	$29,16 \pm 3,10$	$24,76 \pm 0,94$
Fevereiro	$30,78 \pm 4,33$	$34,10 \pm 1,90$	$32,16 \pm 4,65$	$24,84 \pm 1,27$

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

A média de ganho de peso ao final do experimento foi 6,58 kg/colméia em T01; 10,54 kg/colméia em T02; 9,26 kg/colméia em T03 e 2,48 kg/colméia em T04. Percebe-se que as colônias alimentadas com as rações desenvolvidas tiveram um ganho de peso maior do que as colônias alimentadas com o pólen. Severson & Erickson Jr. (1984) observaram que o ganho de peso das colônias dependeu do alimento fornecido, estação do ano e raça das abelhas, variando de 5 a 11 kg aproximadamente. Lengler et al. (2000b) observaram que no período de escassez de alimento as colônias perderam em média 1,242 a 3,826 kg, dependendo do alimento fornecido, contudo as colônias que receberam ração contendo pólen perderam menos peso.

Neste experimento observou-se que todos os tratamentos tiveram incremento de peso ao final do período de ensaio, contudo, as colônias alimentadas com pólen ganharam menos peso. Apesar de se ter observado correlação significativa entre peso e consumo, verifica-se que o menor ganho de peso ocorreu no tratamento que teve maior consumo de alimento. Pesante et al. (1992) verificaram que quando as colônias estão fracas, o ganho de peso é maior em famílias que recebem mais alimento, entretanto, como estas famílias se desenvolvem mais rapidamente, passam a ocupar todo o espaço disponível das colméias e a ganhar menos peso do que as colméias que se desenvolvem mais lentamente.

4.4.2. Mapeamento

O desenvolvimento das áreas de alimento e cria de operária do apiário durante o período de realização do experimento pode ser observada na Figura 13. Nota-se que somente a curva que representa a área de mel foi crescente durante todo o estudo, sendo esta curva semelhante à curva de desenvolvimento do peso das colônias (Figura 11). A análise de correlação foi significativa para mel e peso nos meses de janeiro ($r = 0,73$; $P < 0,01$) e dezembro ($r = 0,64$; $P < 0,01$).

No início do ensaio a média da área de mel encontrada no apiário foi $1094,14 \pm 748,77 \text{ cm}^2$ e ao final do experimento esta área havia sido triplicada e a média era $3156,29 \pm 1431,69 \text{ cm}^2$ de mel armazenado. O maior crescimento ocorreu entre os meses de novembro e dezembro, quando houve um incremento de 98%. Entre dezembro e janeiro e entre janeiro e fevereiro o incremento foi de 4 e 42%, respectivamente (Figura 13).

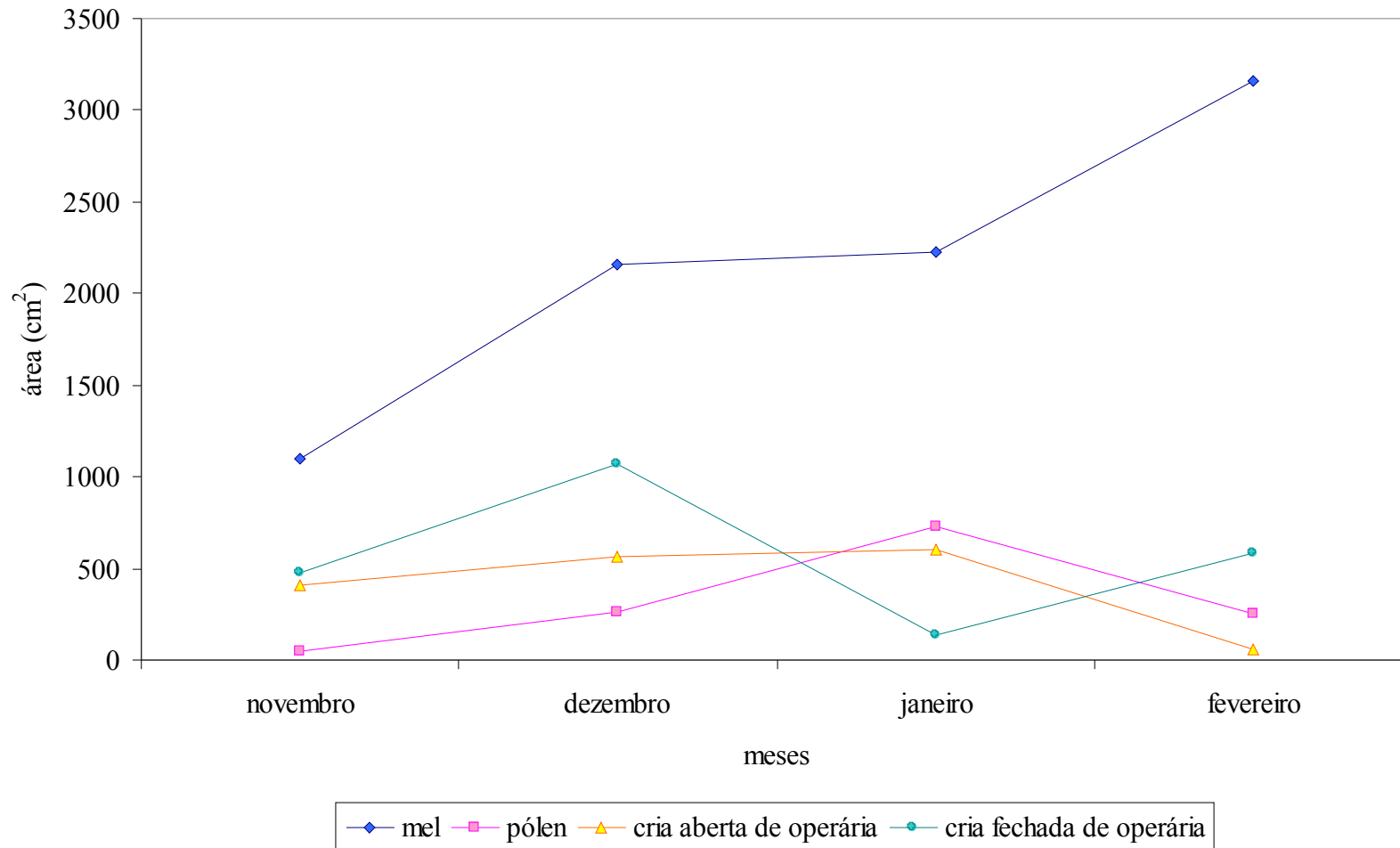


Figura 13: Desenvolvimento geral das áreas de alimento e cria de operária das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004.

Pela Figura 13 observa-se que a área de pólen das colônias aumentou até janeiro e entre janeiro e fevereiro decresceu 66% em relação ao período anterior. Mesmo com este decréscimo, ao final do experimento a área de pólen havia aumentado cinco vezes em relação à área inicial. Observa-se correlação significativa entre as áreas de mel e pólen no mês de dezembro ($r = 0,49$; $P < 0,05$) e entre a área de pólen e o peso das colônias no mês de janeiro ($r = 0,64$; $P < 0,05$).

Observou-se neste experimento que a área de mel das colônias foi superior a área de pólen, que correspondeu aproximadamente a 12% da área total de alimento. Azevedo (1996) verificou que a área de pólen corresponde a 20% da área de alimento. Couto (1991) e Toledo (1991) verificaram existir relação direta entre área de pólen e área de mel das colônias. Segundo Pernal & Currie (2001) a pequena quantidade de pólen estocado nas colônias deixa as abelhas susceptíveis às variações ambientais do fornecimento do alimento protéico.

O desenvolvimento da área de cria de operária aberta acompanhou o desenvolvimento da área de pólen, aumentando 39% entre novembro e dezembro, 7% entre dezembro e janeiro e diminuindo 91% entre janeiro e fevereiro. Contudo, ao contrário do que ocorreu com a área de pólen, ao final do experimento a área de cria aberta de operária diminuiu 86% em relação a área inicial (Figura 13). Não houve correlação significativa entre as áreas de pólen e cria aberta de operária em nenhum dos meses analisados, discordando de Couto (1991) e Azevedo (1996).

Nota-se que as curvas que representaram o desenvolvimento das áreas de cria de operária foram crescentes no primeiro período do experimento e a partir de dezembro passaram a ter comportamentos antagônicos e picos alternados. A análise de correlação entre cria aberta e fechada de operária foi significativa no mês de dezembro ($r = 0,46$; $P > 0,05$). A correlação entre cria de operária e consumo de alimento não foi significativa. Baidya et al. (1993) conseguiram aumentar o consumo do suplemento alimentar oferecido para colônias de *Apis mellifera* em 10 vezes, mas observaram que o aumento do consumo foi inversamente proporcional à área de cria fechada das colônias.

4.4.2.1. Área de alimento nos tratamentos

Na Tabela 11 pode-se observar as médias dos postos analisados e as médias e os desvios-padrões da área de mel. Verifica-se que a menor média inicial para a área de mel foi encontrada nas colônias do tratamento 2, que também tiveram a maior média final de alimento energético estocado.

As colônias alimentadas com feno de mandioca e farelo de babaçu em novembro possuíam as menores áreas de mel, contudo o rápido incremento ocorrido no primeiro período do experimento fez com que as áreas de mel de todos os tratamentos se assemelhassem em dezembro. A amplitude das médias em novembro foi alta, de 1.049,60 cm²; em dezembro, foi reduzida para 693,60 cm², permanecendo nesta faixa em janeiro (680,80 cm²). Em fevereiro, devido ao incremento ocorrido na área de mel em T02 e a estagnação de T04, a diferença entre os tratamentos voltou a subir (1.718,40 cm²).

Tabela 11: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de mel das colônias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Tratamento/mês	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Postos				
T01	12,80	10,40	10,40	11,20
T02	6,80	9,80	8,80	13,20
T03	15,00	13,00	13,60	11,60
T04	7,40	8,80	9,20	6,00
Médias±dp				
T01	1.307,20±200,97	2.172,80±396,40	2.253,60±538,70	3.421,20±579,37
T02	715,20±320,17	2.135,20±465,16	2.020,80±387,50	3.895,20±651,21
T03	1.764,80±376,01	2.715,20±451,14	2.934,40±498,40	3.762,40±798,23
T04	808,00±247,50	2.021,60±368,84	2.156,80±306,23	2.176,80±299,06

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

Apesar de verificar-se comportamentos diferenciados na área de mel entre os tratamentos, não houve diferença significativa pelo teste t de Kruskal-Wallis quando se analisa as médias mensais (Tabela 9 e Tabela 11). A análise de regressão para todos os tratamentos foi significativa ($P < 0,05$) para a equação linear como se observa a seguir.

$$\text{Mel}_{T01} = 683,00 + 642,28 x \quad R^2 = 0,9124$$

$$\text{Mel}_{T02} = -164,80 + 942,56 x \quad R^2 = 0,8086$$

$$\text{Mel}_{T03} = 1.241,20 + 621,20 x \quad R^2 = 0,9538$$

$$\text{Mel}_{T04} = 730,40 + 424,16 x \quad R^2 = 0,6908$$

Alves et al. (1997) observaram que a área de mel em colônias de *Apis mellifera* localizadas em Pindamonhangaba, SP, alimentadas com suplemento energético e protéico possuiu função quadrática ($Mel = 238,009 - 56,974 x + 3,675 x^2$; $R^2 = 0,790$).

A Figura 14 demonstra a curva de desenvolvimento da área de mel nas colônias. Verifica-se que apesar de todas as colônias terem recebido a mesma quantidade de alimento energético - 437,39 g/semana, totalizando 7 litros de xarope invertido durante todo o período de realização do ensaio - as curvas de desenvolvimento não foram semelhantes.

No tratamento 2, a curva de desenvolvimento entre dezembro e janeiro foi decrescente, e nos demais períodos foi crescente. Os demais tratamentos apresentaram as curvas crescentes durante os três períodos de mensuração, embora com declividades variadas.

As colônias alimentadas com feno de mandioca e farinha de algaroba (T01) tiveram um incremento na área total de mel de 162%, sendo que nos primeiros 30 dias do experimento houve um aumento de 66%; nos trinta dias que se seguiram, esta área permaneceu praticamente inalterada, havendo um incremento de 4%, e nos últimos 45 dias de ensaio houve um aumento de 52%.

Em T02 (colônias alimentadas com feno de mandioca e farelo de babaçu) o incremento final na área de mel foi de 445%, sendo que nos primeiros 30 dias houve um aumento de 199%. Entre dezembro e janeiro observa-se uma curva de crescimento decrescente, havendo perda de 5% nesta área. O período final do experimento foi marcado por novo crescimento, 93%.

A curva de desenvolvimento da área de mel das colônias alimentadas com sucedâneo do leite e farelo de babaçu (T03) é semelhante à curva das colônias de T01, aumentando 54% nos primeiros 30 dias, permanecendo quase inalterada entre dezembro e janeiro (incremento de 8%) e crescendo 28% nos últimos 45 dias de ensaio. Ao final do experimento o incremento na área de mel das colônias alimentadas com feno de mandioca e farelo de babaçu foi de 113%, menor do que o incremento de T01 e T02.

As colônias de T04 (alimentadas com pólen) tiveram um comportamento diferenciado das colônias pertencentes aos demais tratamentos. O incremento na área de mel inicial foi alto, 150%, sendo observados a seguir incrementos pequenos, deixando esta área quase inalterada, 7% entre dezembro e janeiro e 1% entre janeiro e fevereiro. Ao final do experimento estas colônias possuíam uma área de mel 170% maior do que a inicial.

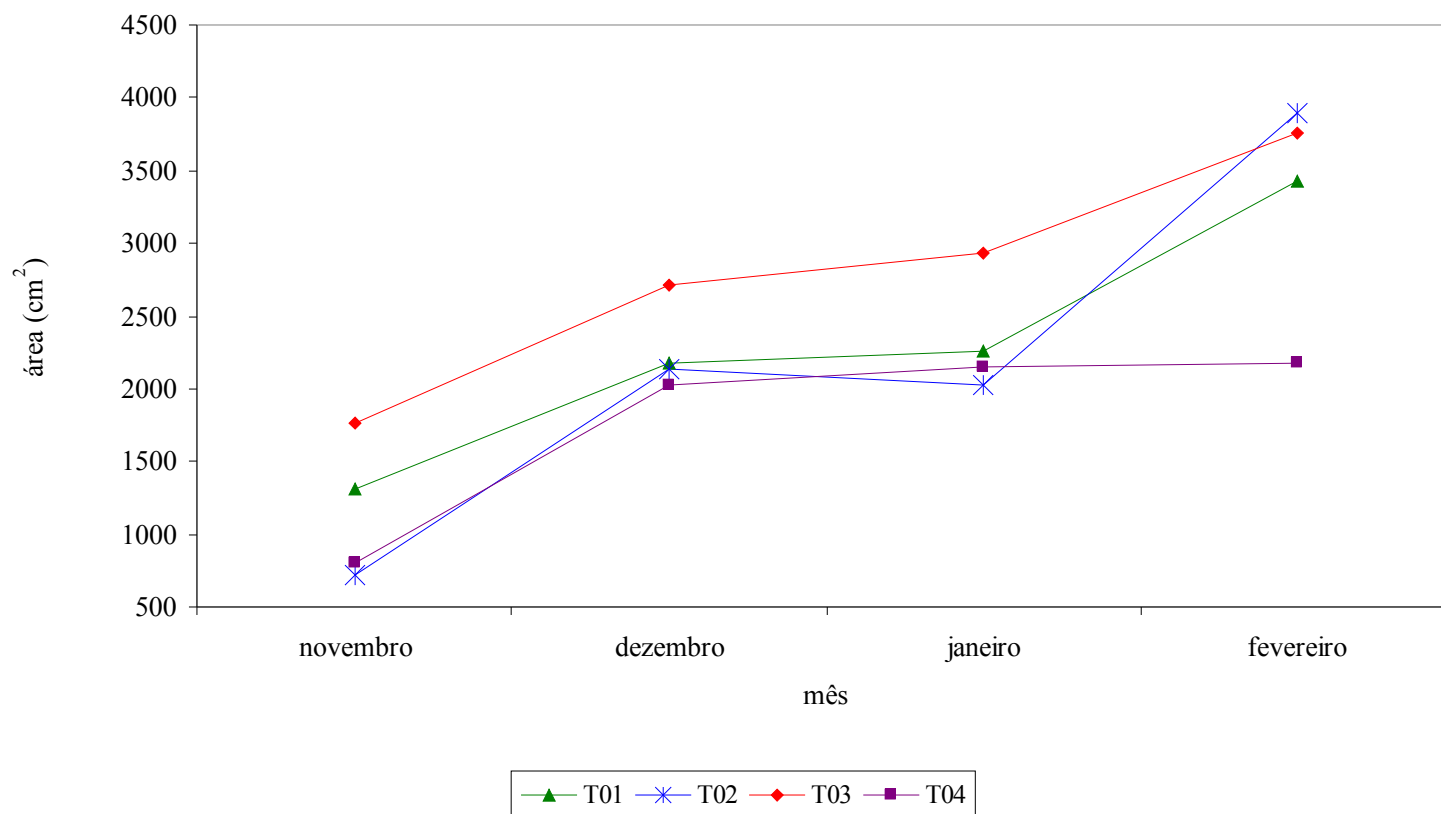


Figura 14: Desenvolvimento da área de mel das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

O ganho na área de mel das colônias de T02 foi 2,7 vezes maior que T01; 3,9 vezes maior que em T03 e 2,6 maior do que em T04. A análise estatística do ganho ou perda de desenvolvimento não foi realizada porque a cada mês em que se efetivava a mensuração dos dados a população das colônias era completamente diferente da população anterior, havendo a interferência do componente genético nos resultados obtidos. Entretanto, os dados obtidos sugerem que as colônias alimentadas com feno de mandioca e farelo de babaçu foram mais eficientes na coleta de alimento energético. Embora a ração possa ter influenciado nesta eficiência não deve ter sido a única causa.

Souza et al. (2002) monitoraram os apiários da Embrapa Meio-Norte localizados em Castelo do Piauí e verificaram que a área de alimento e cria das colônias são menores no período de setembro a dezembro, sendo necessário o fornecimento de alimentação suplementar das colméias.

Apesar da época de realização deste trabalho ser considerada um período de entressafra, com escassez de florada e indisponibilidade de alimento no campo, observa-se na região, segundo Almeida (1996) e Alcoforado Filho & Ribeiro Filho (2000) a presença de espécies vegetais que fornecem alimento nesta época do ano como o cajueiro (*Anacardium occidentale*) e o ipê amarelo (*Tabebuia* sp). Embora a densidade destas espécies não seja suficiente para produção ou mesmo manutenção dos enxames, ocorre coleta de néctar e pólen. Assim, o alimento energético e protéico fornecido aos enxames não foi a única fonte de sustentação das colônias.

A capacidade das abelhas em aproveitarem os recursos oferecidos é uma característica intrínseca de cada família, havendo grande heterogeneidade na produtividade de mel das colônias devido a grande variabilidade genética da população de abelha *Apis mellifera* (ALVES et al. 1998). Embora as rainhas das colônias analisadas fossem irmãs, o acasalamento das mesmas não foi controlado, sendo realizado de forma natural. No acasalamento natural uma rainha copula com até 10 zangões (FREE, 1980). O acasalamento múltiplo garante a variabilidade genética da colméia, sendo uma vantagem adaptativa das abelhas *Apis mellifera* (WINSTON, 1987), contudo, esta variabilidade pode não ser totalmente positiva quando se mensura índices zootécnicos.

Segundo Almeida & Centano (1994) o meio ambiente afeta a produção de mel em 4,7%; as condições internas das colônias afetam em 18,1% e os fatores genéticos em 77,2%. Assim, além da capacidade genética das abelhas em aproveitar os recursos naturais, a influência das condições ambientais interferiu na coleta de alimento, uma vez

que se observam flutuações dentro do mesmo tratamento ao longo do tempo. Azevedo (1996) verificou que a área de mel das colônias correlaciona-se positivamente com a população de operárias adultas, área de cria e pólen, umidade relativa do ar e precipitação. Por outro lado, temperatura externa, insolação e taxa de infestação do ácaro *Varroa jacobsonii* correlacionam-se negativamente com a área de mel. Pereira (1996) verificou que a temperatura e a umidade relativa do ar são inversamente proporcionais à área de mel, enquanto que precipitação pluviométrica e insolação são diretamente proporcionais. Souza et al. (2002) verificaram correlação negativa entre a área de mel das colônias e as condições ambientais em Castelo do Piauí. Altos índices de precipitação pluviométrica interferem a atividade de campo das operárias, influenciando a área de mel negativamente (TOLEDO et al., 2002).

A área de mel representou 75 a 95% da área total de alimento, estando de acordo com as observações de Azevedo (1996). Segundo Doull (1980 a, b) o fornecimento de alimento protéico aumenta a área de mel das colônias, entretanto, neste experimento não houve correlação significativa entre área de mel e consumo do alimento.

A curva do desenvolvimento da área de pólen apresentou um comportamento semelhante nas colônias dos quatro tratamentos (Figura 15), aumentando até janeiro e decaindo após este período. O incremento ocorrido nos 30 primeiros dias do experimento foi semelhante, havendo um aumento de 4 a 5,5 vezes. Entre dezembro e janeiro o incremento nesta área vaiou de 1,7 a 3,8 vezes. Nos 45 dias finais do experimento o decréscimo da área de pólen foi de 68% para T01; 56% para T02; 55% para T03 e 88% para T04.

A análise de regressão foi significativa para os quatro tratamentos ($P < 0,05$), sendo que T01, T02 e T04 tiveram função cúbica e T03 função quadrática. As equações das curvas de desenvolvimento da área de pólen podem ser verificadas a seguir:

$$\begin{array}{ll}
 \text{Pólen}_{T01} = 1.788,80 - 3.177,07 x + 1.683,60 x^2 - 246,53 x^3 & R^2 = 1 \\
 \text{Pólen}_{T02} = 2.088,00 - 1.840,93 x + 1.024,40 x^2 - 164,27 x^3 & R^2 = 1 \\
 \text{Pólen}_{T03} = - 742,40 + 965,20 x - 174,00 x^2 & R^2 = 0,9094 \\
 \\
 \text{Pólen}_{T04} = 1.282,40 - 2.362,80 x + 325,20 x^2 - 202,40 x^3 & R^2 = 1
 \end{array}$$

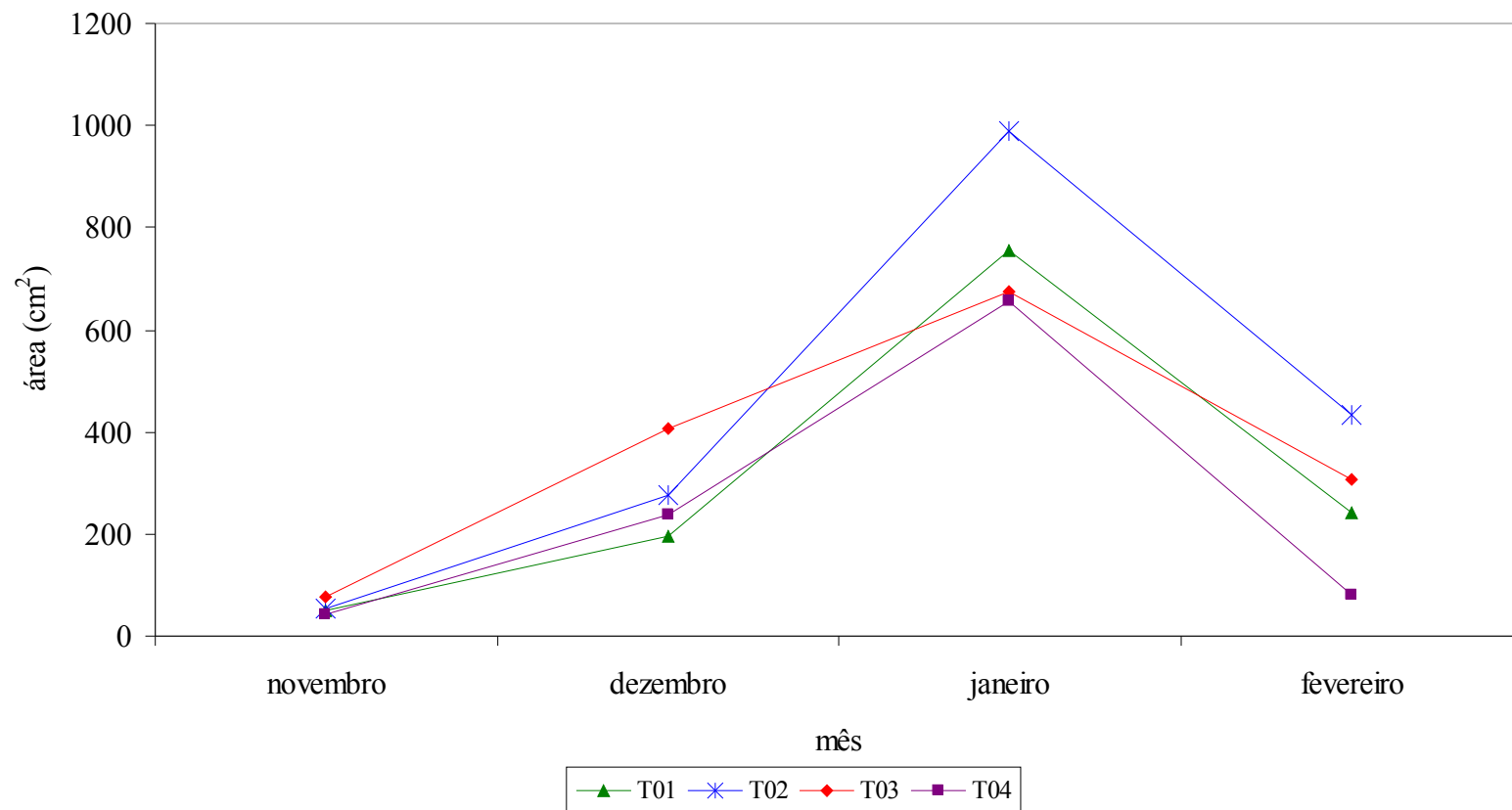


Figura 15: Desenvolvimento da área de pólen das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

Alves et al. (1997) observaram uma função quadrática para a área de pólen ($\text{Pólen} = 41,108 - 10,674 x + 0,782 x^2$; $R^2 = 0,924$).

Em fevereiro, quando terminou o período de estudo, as colônias alimentadas com feno de mandioca e farinha de algaroba (T01) possuíam uma área de pólen cinco vezes maior do que no início do experimento. O incremento deste parâmetro nos demais tratamentos foi de oito vezes nas colônias alimentadas com feno de mandioca e farelo de babaçu (T02); quatro vezes nas colônias alimentadas com farelo de babaçu e sucedâneo do leite (T03) e 2 vezes nas colônias alimentadas com pólen (T04). Da mesma forma que observado no desenvolvimento da área de mel, estes dados sugerem que a ração composta de feno de mandioca e farelo de babaçu incentivou as abelhas campeiras a buscarem mais alimento no campo.

A área de pólen é diretamente proporcional à área de cria, área de mel, população de operárias adultas e condições climáticas e inversamente proporcional à infestação de *Varroa jacobsonii* (Azevedo, 1996). Pereira (1996) verificou que existe correlação inversa entre temperatura e umidade relativa do ar com a área de pólen e correlação direta desta área com precipitação pluviométrica e insolação. Já Toledo et al. (2002) verificaram redução na área de pólen com o aumento da precipitação. Os dados contraditórios são consequência da diferença encontrada nas condições ambientais das regiões pesquisadas.

Souza et al. (2002) verificaram correlação negativa entre a área de pólen e as condições ambientais em Castelo do Piauí e observaram que nos meses de setembro a dezembro esta área é pequena nas colônias situadas na região. O incremento da área de alimento das colônias em um período em que esta área é reduzida demonstra que as rações formuladas atingiram o objetivo de manutenção das famílias no período de escassez de alimento no campo.

A análise das médias dos postos mostrou haver diferença significativa para a área de pólen no mês de fevereiro (Tabela 12). A menor área de pólen foi observada no tratamento que teve o maior consumo (T04). Estes resultados são contraditórios e não eram esperados, discordando de Castangnino et al. (2004).

Como o consumo das rações fornecidas foi semelhante nos tratamentos 1, 2 e 3, com as médias variando de 200,51 a 235,13 g, e todas as colônias receberam a mesma quantidade de alimento energético, a superioridade do desenvolvimento das áreas de mel e pólen observadas nas colônias em T02 e T03 permite concluir que o alimento composto de feno de mandioca e farelo de babaçu e de farelo de babaçu e sucedâneo do

leite estimularam a coleta do escasso recurso natural existente na região. Segundo Alves (1997) o fornecimento de alimento protéico estimula a coleta de pólen, aumentando esta em 67,92%.

Tabela 12: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de pólen das colônias referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Mês/ tratamento	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro	
Postos					
T01	10,40	7,10	9,80	10,40	a b
T02	15,60	10,80	14,40	15,30	a
T03	7,40	14,80	7,60	11,50	a b
T04	8,60	9,30	10,20	4,80	c
Médias±d					
p					
T01	48,80±22,61	196,80±57,05	753,60±159,00	240,00±78,88	
T02	54,80±20,14	276,80±101,39	990,40±169,08	432,00±82,07	
T03	77,60±17,73	405,60±67,42	673,60±145,70	305,60±122,82	
T04	42,40±9,93	238,40±16,76	656,00±163,55	80,80±28,35	

Médias seguidas por letras semelhantes na vertical não diferem significativamente pelo teste confiança múltiplas do teste Kruskal-Wallis ao nível de 5% de probabilidade.

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

4.4.2.2. Área de cria

Quanto a área de cria aberta de operária, o comportamento das curvas de desenvolvimento foi semelhante no primeiro período de realização do ensaio para os quatro tratamentos, havendo um incremento neste parâmetro de 35% em T01; 16% em T02; 46% em T03 e 71% em T04 (Figura 16). Entre janeiro e fevereiro as colônias que receberam em sua alimentação o feno de mandioca (T01 e T02) apresentaram um incremento de 27% na área de cria aberta, enquanto que as colônias de T03 e T04 tiveram uma redução de 17 e 9%, respectivamente. No último período do ensaio houve uma redução na área de cria aberta variando de 83 a 100% entre os tratamentos.

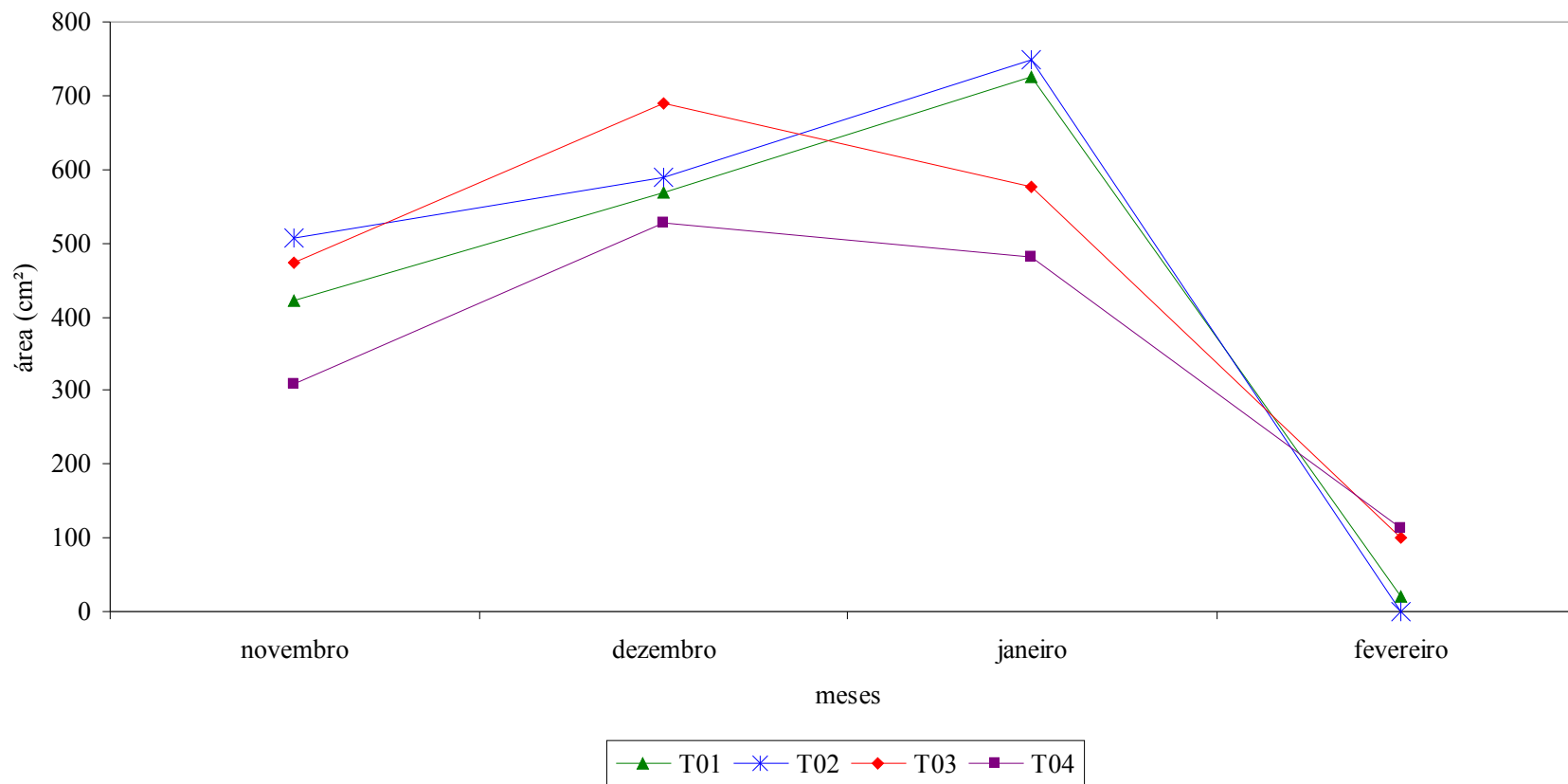


Figura 16: Desenvolvimento da área de cria aberta de operária das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes¹.

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

Todos os tratamentos chegaram ao final do experimento com a área de cria menor do que a inicial, sendo esta redução mais acentuada nas colônias dos tratamentos que inicialmente tiveram um desenvolvimento mais acelerado, ou seja, nas colônias que receberam feno de mandioca na alimentação (95% em T01 e 100% em T02). As famílias pertencentes a T03 e T04 tiveram uma redução de 79% e 63%, respectivamente (Figura 16). A análise de regressão foi significativa ($P < 0,05$) para uma função quadrática em T01, T03 e T04 e cúbica para T02. As equações que explicam as curvas de desenvolvimento da cria de operária aberta (opa) encontram-se a seguir:

$$\begin{aligned} \text{Opa}_{T01} &= -370,80 + 961,36 x - 213,20 x^2 & R^2 &= 0,519193 \\ \text{Opa}_{T02} &= 1.486,40 - 1.840,93 x + 1.024,40 x^2 - 164,27 x^3 & R^2 &= 1 \\ \text{Opa}_{T03} &= -95,00 + 740,92 x - 173,00 x^2 & R^2 &= 0,5743 \\ \\ \text{Opa}_{T04} &= -219,80 + 672,04 x - 147,00 x^2 & R^2 &= 0,9986 \end{aligned}$$

Estes resultados estão de acordo com Silva & Freitas (2004) que observaram um desenvolvimento mais lento em colônias de *Apis mellifera* com grande quantidade de cria aberta devido à falta de espaço para que a rainha continuasse realizando postura. Assim, pode-se deduzir que os alimentos fornecidos estimularam o crescimento da área de cria inicial, mas este crescimento contribuiu, posteriormente, para a redução na velocidade do desenvolvimento das colônias devido à falta de espaço interno.

Garcia et al. (1986) também observou, por meio de análise de regressão polinomial no tempo, que a área de cria aberta de colônias suplementadas com rações protéicas obedece a uma função de segundo grau ($y = 100,0 + 10,97 x - 0,11 x^2$).

Na Tabela 13 verifica-se as médias dos postos para as áreas de cria de operária aberta e médias e desvios-padrões dos tratamentos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para esta área de cria no período analisado.

Nota-se que as colônias dos tratamentos que receberam ração contendo feno de mandioca (T01 e T02) tiveram as menores médias da área de cria de operária aberta, não sendo observada cria aberta nas colônias de T02. Contudo, a ausência desta cria foi verificada em três das cinco colônias dos tratamentos 1, 3 e 4. Também foi observado que nos quatro tratamentos existia uma colméia em que a rainha havia entrado em diapausa reprodutiva precocemente, anulando também a área de cria de operária fechada. Observou-se a presença da rainha em todas as colônias e, embora se tenha

verificado a existência de realeiras abertas em algumas colônias, as mesmas não foram observadas nas famílias com ausência de cria de operária.

Tabela 13: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de cria de operária aberta referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Tratamento/mês	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Postos				
T01	11,00	9,40	12,30	10,70
T02	12,40	10,60	13,10	7,50
T03	11,20	12,80	8,60	11,70
T04	7,40	9,20	8,00	12,10
Médias±dp				
T01	420,80±109,5 8	568,80±92,39	724,80±137,56	20,00±16,30
T02	505,60±108,4 7	588,00±49,40	748,00±117,95	00,00±0,00
T03	474,40±136,4 4	690,40±107,37	575,20±31,07	99,20±73,00
T04	308,00±67,65	528,00±136,04	481,60±152,82	113,60±79,24

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

Como a diapausa reprodutiva também foi notada nas colônias alimentadas com pólen, não deve ser atribuída à alimentação, mas à condições ambientais adversas. Como o período de desenvolvimento das abelhas varia de 19 a 21 dias, nas colônias que não se observou cria fechada, a rainha deve ter entrado em diapausa reprodutiva pelo menos 20 a 22 dias antes da mensuração dos dados (18 de fevereiro de 2004). Este período, segundo dados da Secretaria Municipal de Agricultura de Castelo do Piauí, foi caracterizado por fortes chuvas na região, 330 mm entre 27 de janeiro e 16 de fevereiro, o que deve ter prejudicando a postura da rainha e o desenvolvimento das crias.

Wali-ur-Rahaman & Chaudhry (1991) observaram diminuição da área de cria em 18% quando a umidade relativa do ar aumentou de 67% para 74 a 98%. Segundo Azevedo (1996), a área de ovo e larva de uma colônia tem relação direta com a área de pupa e de alimento, umidade relativa do ar e precipitação e relação inversa com a infestação de *Varroa jacobsonii*, temperatura ambiente e insolação. Segundo Pereira (1996) a área de cria aberta de operária é diretamente proporcional à área de alimento.

A interferência das condições ambientais na área de cria não permitiu, após cinco anos de estudo na Polônia, que Bobrzecki et al. (1994) conseguissem obter resultados conclusivos sobre o efeito da alimentação das colônias na área de cria. Segundo Toledo et al. (2002), o aumento das precipitações pluviométricas causa redução da quantidade de ovo e larva nas colônias de *Apis mellifera*.

O excesso de chuva na região, ocorrido entre janeiro e fevereiro, alterou o calendário apícola, pois em geral a partir de janeiro inicia-se o período de produção com a florada de marmeleiro (*Croton sonderianus*). Contudo, em 2004, embora fosse observada a presença das floradas características da região, as chuvas lavaram o néctar e pólen das plantas não havendo produção de mel. Com esta alteração no calendário apícola, estendeu-se o período de alimentação das colônias e mensuração dos dados, por outro lado não foi possível verificar a influência da alimentação na produção de mel e calcular a viabilidade econômica de cada ração, como estava previsto inicialmente.

Além das condições ambientais externas, a área de cria das colônias recebe influência das condições ambientais internas, termorregulação, tamanho da população das operárias, área disponível nos favos, feromônio da rainha, viabilidade dos ovos, genótipo da colônia, consangüinidade dos acasalamentos, anomalias no desenvolvimento, doenças e inimigos naturais, etc. (MOELLER, 1958; FREE, 1987; WINSTON, 1987; AZEVEDO, 1996; PEREIRA, 1996; TOLEDO et al., 2002). Assim, apesar de não se poder concluir que a baixa quantidade de cria nas colônias estudadas é conseqüência da ineficácia da alimentação fornecida, verifica-se pela tabela 8 que o consumo do alimento em fevereiro foi o menor durante todo o período do ensaio. Herbert Jr. & Shimanuki (1982) verificaram que a taxa de alimento influencia a taxa de cria.

Segundo Haydak (1970), para o completo desenvolvimento da cria são requeridos lisina e arginina. As três rações formuladas neste experimento não possuem o teor de arginina requerido pelas abelhas (Tabela 7), podendo este baixo teor estar influenciando na área de cria aberta de operária. Esta influência pode não ter sido observada anteriormente porque os recursos naturais coletados pelas abelhas supriam a deficiência deste aminoácido. Entretanto, no período em que o alimento no campo se tornou ainda mais escasso os efeitos da deficiência de arginina se tornaram evidentes. Pela Figura 15 observa-se a redução na área de pólen no período em questão, o que fortalece esta teoria.

Embora as curvas de desenvolvimento da área de cria de operária aberta tenham tido o mesmo comportamento das curvas de desenvolvimento da área de pólen entre os meses de novembro e dezembro e entre os meses de janeiro e fevereiro, não foi verificada correlação significativa entre estes parâmetros. Allen & Jefree (1956), Azevedo (1996) e Pereira (1996) observaram relação direta entre a área de cria e área de pólen nas colônias.

Apesar de se ter observado em fevereiro que a área de cria aberta de operária estava bastante reduzida e que todos os tratamentos possuíam uma colônia sem cria de operária, observa-se que neste período a média da área de cria fechada foi alta em todos os tratamentos, sendo maior do que a média inicial (Tabela 14). Não houve diferença significativa entre os tratamentos nos períodos analisados. O gráfico do desenvolvimento da área de cria de operária fechada (Figura 17) demonstra que este parâmetro teve dois picos altos, o primeiro em dezembro e o segundo em fevereiro.

Tabela 14: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de cria de operária fechada referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Mês/ tratamento	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Postos				
T01	9,30	11,40	11,00	12,50
T02	10,70	10,80	9,00	10,50
T03	12,90	9,00	8,60	7,90
T04	9,10	10,80	13,40	11,10
Médias±dp				
T01	580,00±187,35	1204,00±220,10	144,00±43,17	782,40±222,28
T02	608,80±56,39	1248,80±123,51	106,40±27,61	637,60±259,63
T03	376,00±52,44	964,00±264,58	108,00±35,42	378,40±148,45
T04	432,80±39,87	1064,00±297,00	217,60±64,08	661,60±254,47

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

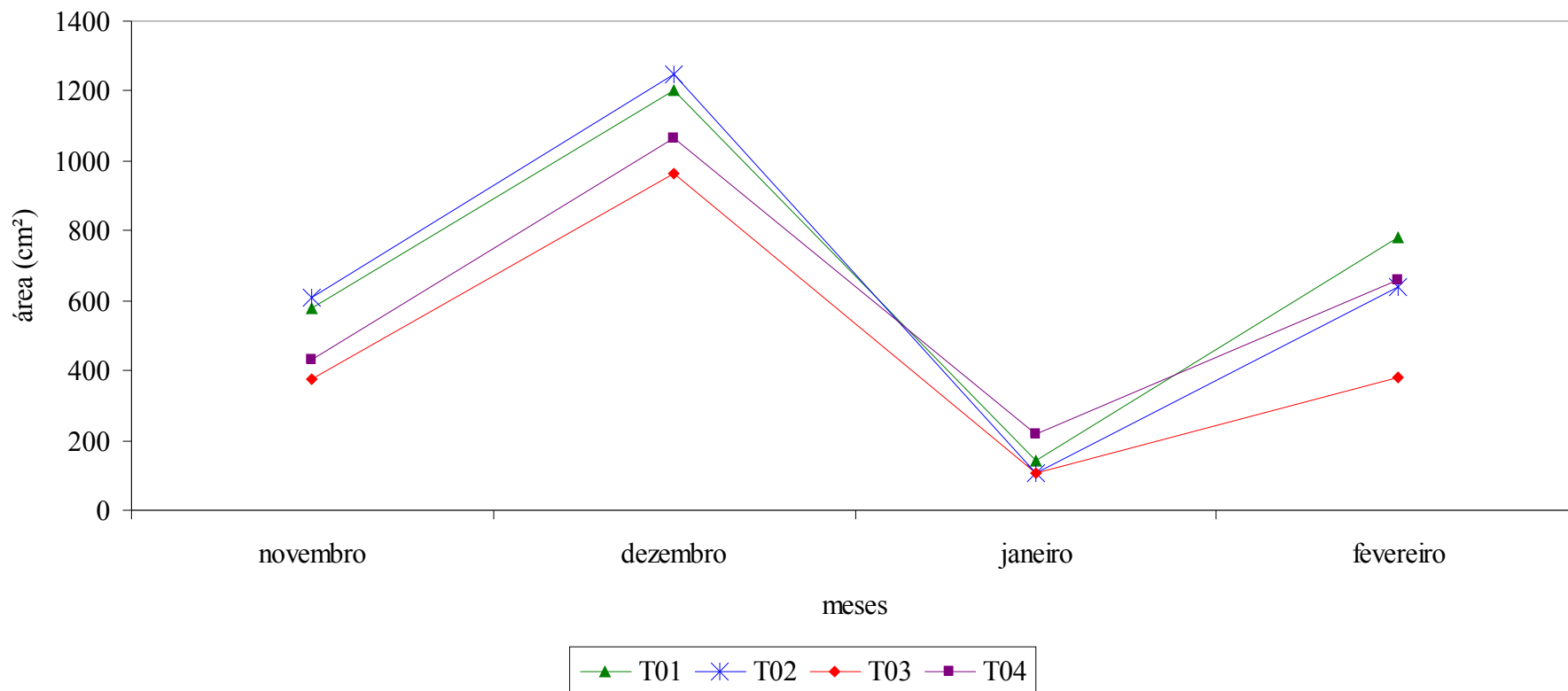


Figura 17: Desenvolvimento da área de cria de operária fechada das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

A ocorrência de maior área de cria fechada no período de menor área de cria aberta e condições ambientais desfavoráveis pode ter sucedido porque as condições ambientais têm menor influência sobre as crias na fase de pré-pupa e pupa ou porque, devido ao crescimento das famílias, o espaço interno da colméia tornou-se escasso, limitando a postura da rainha.

Segundo Azevedo (1996), a área de pupa das colônias é diretamente proporcional à área de cria aberta de operária e de alimento, população de operárias adultas, umidade relativa do ar e precipitação e inversamente proporcional a temperatura ambiente, insolação e infestação de *Varroa jacobsonii*. Silva & Freitas (2004) observaram que o desenvolvimento de famílias de *Apis mellifera* instaladas em núcleos com capacidade para cinco quadros padrão Langstroth não é proporcional ao tamanho da área inicial de cria, sendo mais influenciado pela idade das crias e disponibilidade de espaço para postura da rainha.

Em dezembro a área de cria de operária fechada foi de 2 a 2,5 vezes maior do que em novembro em todas as colônias. No período seguinte houve uma perda de 80 a 90% nesta área. Após janeiro houve uma recuperação no desenvolvimento das famílias, fazendo com que ao final do experimento a área de cria fechada das colônias alimentadas com ração contendo farelo de babaçu (T02 e T03) fosse aproximadamente igual à área de cria inicial, enquanto que as colônias de T01 e T04 tiveram um incremento final de 35 e 53%, respectivamente.

A análise de regressão foi significativa ($P < 0,05$) para a função cúbica nos quatro tratamentos para a área de cria de operária fechada. As equações da curva do desenvolvimento da área de cria de operária fechada (opf) são observadas abaixo:

$$\begin{aligned} \text{Opf}_{T01} &= - 5.110,40 + 9.351,07 x - 4.224,40 x^2 + 563,73 x^3 & R^2 &= 1 \\ \text{Opf}_{T02} &= - 5.269,60 + 9.649,60 x - 4.347,20 x^2 + 576,00 x^3 & R^2 &= 1 \\ \text{Opf}_{T03} &= 4.226,40 + 7.466,40 x - 3.292,40 x^2 - 428,40 x^3 & R^2 &= 1 \\ \text{Opf}_{T04} &= - 4.444,00 + 7.922,27 x - 3.506,88 x^2 + 461,33 x^3 & R^2 &= 1 \end{aligned}$$

Garcia et al. (1996) verificaram por meio de regressão polinomial no tempo que a área de cria fechada teve um crescimento linear em colônias submetidas a uma alimentação protéica. Enquanto que Alves et al., (1997) observaram uma função quadrática ($407,084 - 99,272 x + 6,546 x^2$; $R^2 = 0,763$). As diferenças de comportamento no desenvolvimento das áreas de cria ocorrem porque esta variável é dependente de diversos fatores do ambiente interno e externo da colônia, como

observado por Azevedo (1996), Pereira (1996), Souza et al. (2002), Toledo et al. (2002) e Silva & Freitas (2004).

O incremento da área de cria de operária fechada em dezembro, considerado período crítico da região, com pouca cria nas colônias, segundo Souza et al. (2002), demonstra que as rações formuladas são eficientes para manutenção das colônias, podendo ser utilizadas pelos apicultores para esta finalidade.

A Figura 18 mostra a curva de desenvolvimento da área de cria de operária total (aberta + fechada). Quando se analisa a área de cria de operária desta forma verifica-se um desenvolvimento diferenciado das curvas de cria aberta (Figura 16) e fechada (Figura 17). Este resultado reforça a conclusão de que a redução na área de cria de operária aberta ao final do experimento pode ter sido em função da falta de espaço na colméia.

Observa-se em todos os tratamentos que nos primeiros 30 dias do experimento a curva de desenvolvimento da área de cria de operária total foi crescente, havendo um incremento de 77% em T01; 65% em T02; 95% em T03 e 115% em T04. Entre dezembro e janeiro a curva de desenvolvimento foi decrescente havendo uma perda de cria de operária de 50 a 59% entre os tratamentos.

No último período do experimento as colônias alimentadas com as rações formuladas continuaram perdendo área de cria, sendo que o decréscimo foi menos acentuado em T01 (8%), e mais acentuado em T02 (25%) e T03 (30%). As colônias alimentadas com pólen tiveram um incremento de 10% nesta área. Lengler et al. (2000b) verificaram perda na área de cria das colônias alimentadas no período de entressafra e optaram em escolher o melhor alimento através da menor perda de área. Contudo, Castagnino et al. (2004) verificaram que mesmo com o decréscimo das áreas de cria, as colônias que receberam alimentação possuíam maior quantidade de cria do que as colônias controle.

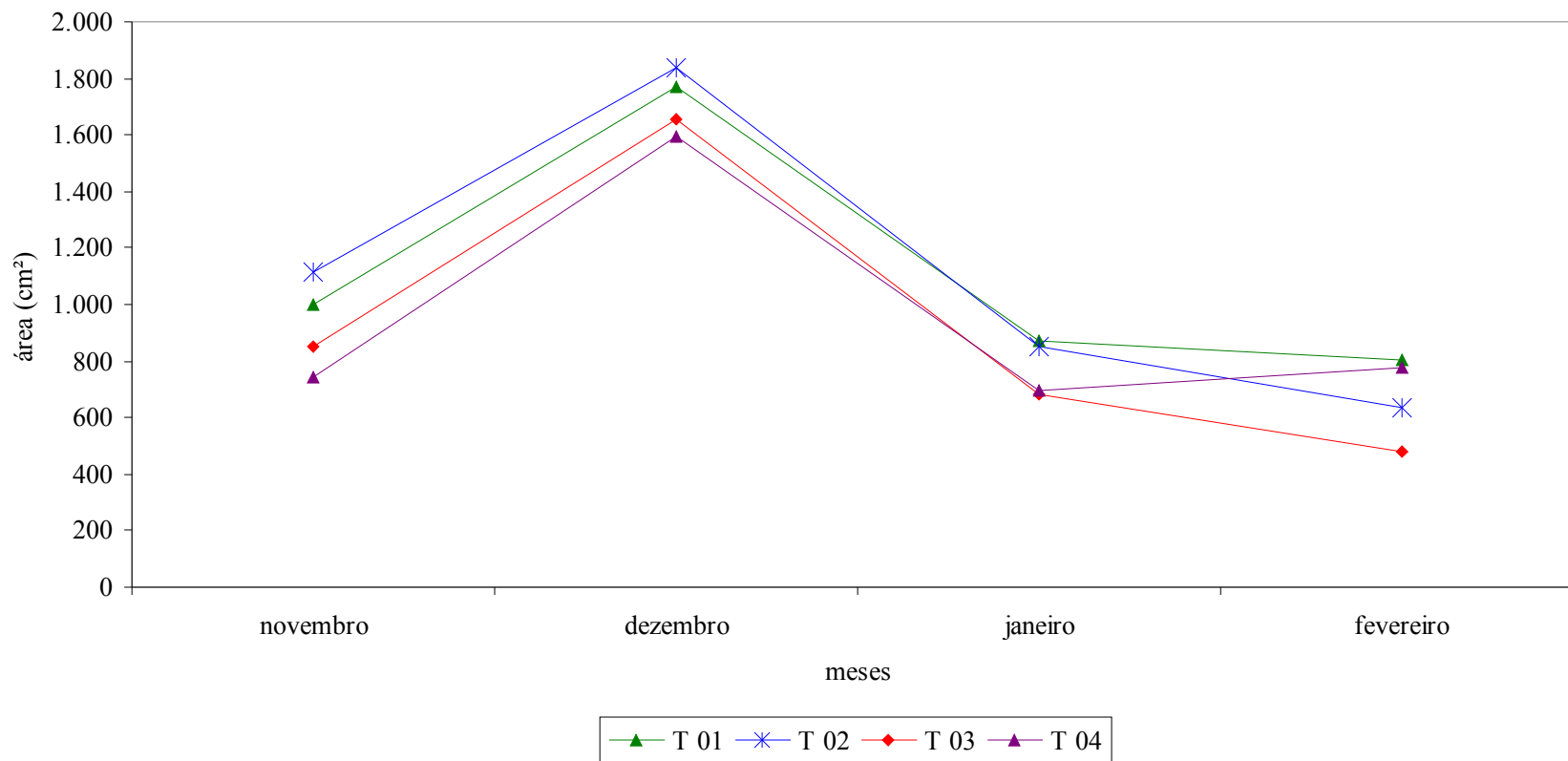


Figura 18: Desenvolvimento da área de cria total de operária (fechada + aberta) das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

Em fevereiro, quando foi realizada a última mensuração das áreas de alimento e cria, somente as colônias alimentadas com pólen possuíam uma área de cria de operária superior à área inicial, havendo um incremento de 5%. A perda nesta área foi de 20% em T01, 43% em T02 e 44% em T03. Observa-se que apesar da ração composta com feno de mandioca e farelo de babaçu ter sido mais eficiente em incentivar a coleta de alimento, foi menos eficiente para manutenção da cria. Esta ração possui baixos teores de arginina, fenilalanina, leucina e treonina. Destes aminoácidos somente a arginina comprovadamente afeta a área de cria (HAYDAK, 1970).

Estes resultados permitem concluir que nenhuma das rações oferecidas teve a mesma eficiência que o pólen para manutenção da área de cria de operária, porém a ração constituída de feno de mandioca e farinha de algaroba é superior às demais rações. É provável que esta eficiência esteja relacionada ao teor de aminoácido, uma vez que esta ração possui na composição os teores de aminoácidos mais próximos aos requeridos pelas abelhas.

Kalev et al. (2002) verificaram que a área de cria fechada é o parâmetro mais eficiente para mensurar a qualidade dos alimentos suplementares oferecidos às abelhas, contudo, segundo Wali-ur-Rahman & Chaudhry (1991) só o fornecimento de xarope em períodos de escassez de alimento já aumenta a área de cria em 40%. Como esta área também recebe influência de diversos fatores, é necessário analisar os dados cuidadosamente para não correr o risco de tirar conclusões precipitadas.

A relação entre cria de operária aberta e fechada nas colônias foi semelhante em todos os tratamentos: 10:8 em T01; 10:9 em T02; 10:12 em T03 e 10:8 em T04. Azevedo (1996) obteve resultados similares, o que sugere que esta relação, próxima a um, é uma característica das abelhas africanizadas.

As médias dos postos e médias e desvios-padrões da área de cria total encontram-se na Tabela 15. Não houve diferença significativa entre os tratamentos. Observa-se que nas três primeiras mensurações a maior média é de T02, porém no último período do experimento a maior média é de T01.

A Figura 19 demonstra o desenvolvimento da área de cria total (operária + zangão) nas colônias. Nota-se que as curvas de desenvolvimento das áreas de cria total foram semelhantes às curvas de desenvolvimento das áreas de cria de operária total, sendo crescente no primeiro período do experimento e decrescente entre dezembro e janeiro. No último período experimental a curva foi decrescente nas colônias alimentadas com as rações formuladas e crescente nas colônias alimentadas com pólen.

Somente em T04 foi observado área de cria final maior que a inicial, havendo um incremento de 10%. A perda na área de cria foi de 14, 40 e 37% para os tratamentos 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 15: Postos médios, médias e desvios-padrões (dp) da área (cm²) de cria de operária total ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004.

Mês/ tratamento	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Postos				
T01	11,00	11,60	12,00	11,80
T02	14,60	10,60	12,20	10,20
T03	9,40	10,00	7,80	8,80
T04	7,00	9,80	10,00	11,20
Médias±dp				
T01	1000,80±268,19	1808,00±302,67	892,80±117,22	863,20±248,86
T02	1126,40±121,83	1926,40±160,99	908,80±137,87	681,60±268,53
T03	850,40±22,90	1688,80±288,83	720,80±50,43	533,60±212,13
T04	743,20±22,36	1638,60±425,12	726,60±190,58	814,60±288,64

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

Estes resultados confirmam que a ração composta de feno de mandioca e farinha de algaroba, embora não seja tão eficiente quanto o pólen na manutenção da área de cria, é superior às outras duas composições formuladas.

Garcia et al. (1986) observaram que a alimentação suplementar aumenta a área de cria aberta 1,7 a 1,9 vezes e a área de cria fechada 1,9 a 4,5 vezes. Moraes & Nogueira-Couto (2000) compararam o fornecimento de duas dietas contendo 20% de proteína bruta com o pólen observaram um aumento na área de alimento e redução na área de cria das colônias, a exemplo do que ocorreu neste experimento. Lengler et al. (2002) verificaram que colônias alimentadas com ração contendo sucedâneo do leite tiveram um incremento na área de cria de 2.197,80 cm².

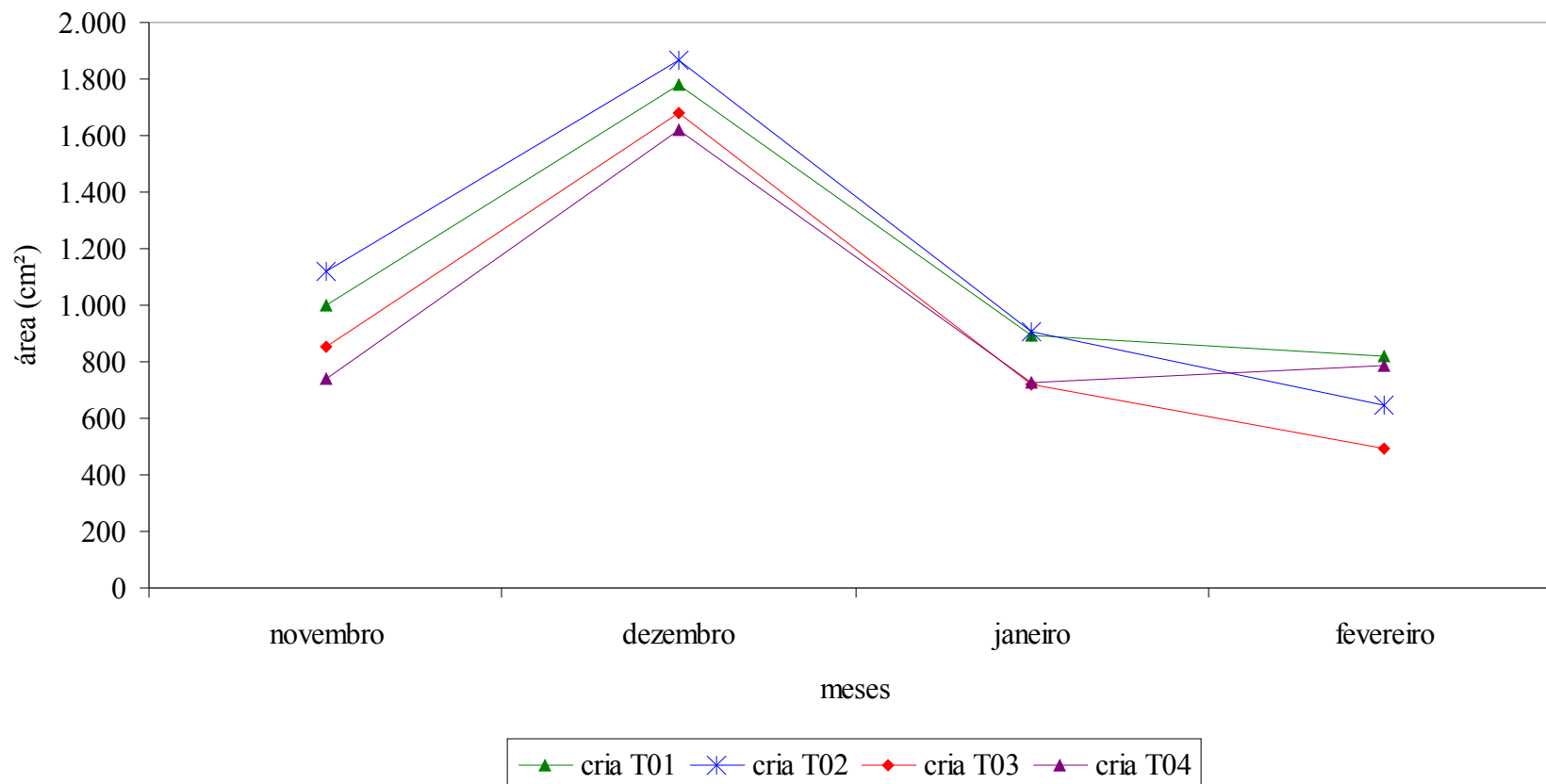


Figura 19: Desenvolvimento da área de cria total (operária + zangão) das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

A relação entre área de cria e área de alimento nas colônias variou conforme o tratamento e o período de análise, na média os tratamentos mantiveram uma relação de 10:6 em T01; 10:12 em T02; 10:4 e T03 e 10:8 em T04, ou seja, somente nas colônias alimentadas com feno de mandioca e farelo e babaçu a área de cria foi menor do que a área de alimento, isto se deve a eficiência desta ração em incentivar as operárias recrutas a coletarem alimento e ineficiência na manutenção da cria. Couto (1991) e Pereira (1996) observaram que a quantidade de alimento nas colônias é maior do que a quantidade de cria. Segundo Núñez (1974) as abelhas africanizadas convertem alimento em cria rapidamente.

Pelas curvas de desenvolvimento das áreas de cria de operária total (aberta + fechada, Figura 18) e cria total (operária + zangão, Figura 19) nota-se que a cria de zangão teve pouca influência sobre a área total de cria. Segundo Free & Williams (1975, citado por FREE, 1980) a proporção entre cria de zangão e cria total em uma colônia pode variar entre 0 e 40%.

A correlação entre cria de operária e de zangão foi significativa nos meses de janeiro e fevereiro. Em janeiro a correlação entre a cria aberta de macho e cria fechada de fêmea foi 0,48 ($P < 0,05$). Em fevereiro a correlação foi 0,52 ($P < 0,01$) entre crias fechadas. As correlações sugerem que o aumento da quantidade de cria de operária estimula a produção de zangões, estando de acordo com FREE (1980 e 1987).

Verifica-se pela Figura 20 que no início do ensaio a área contendo cria de zangões era pequena, em média $3,42 \pm 11,82 \text{ cm}^2$ no apiário, sendo que presença dos mesmos só era observada em 3 das 25 famílias em estudo. Em dezembro, 30 dias após o início da alimentação das colônias, houve um aumento de 14,5 vezes na área de zangão. A área de cria fechada aumentou 10 vezes e passou-se a observar presença de ovo e larva de zangão nas colônias, que não eram encontrados em novembro. Devido à alta oscilação na quantidade de cria de zangões observada neste experimento não se realizou análise estatística da área de cria aberta e fechada dos machos.

Garcia et al. (1986) observaram que em 1 cm^2 de favo existem 13 alvéolos. Assim, pode-se estimar que no período em que ocorreu o encontro das curvas existiam nas colônias aproximadamente 260 crias de zangão na forma de ovo ou larva e 260 crias na forma de pré-pupa ou pupa, totalizando 520 crias de macho, esse dado está de acordo com Nogueira-Couto & Couto (1996) que afirmam que uma família possui entre 0 e 400 zangões. Contudo, Free & Williams (1975, citado por FREE, 1980) observaram uma oscilação entre 0 e 5.000 zangões nas colônias dependendo da época do ano. Segundo

Winston (1987) a quantidade de zangões além de variar de acordo com o tamanho dos enxames, é maior em enxames comerciais do que em enxames naturais.

A exemplo do que ocorreu com a cria de operária, a área de cria de zangão aumentou até dezembro, independente da etapa de desenvolvimento em que a cria encontrava-se. Após este período passa a existir alteração nos picos de cria fechada e aberta. As colônias de T01 apresentaram esta alternância desde o início do experimento (Tabela 16).

Tabela 16: Médias e desvios-padrões das áreas (cm²) de cria de zangão aberta, fechada e total referente ao ensaio instalado em Castelo do Piauí no período de 03 de novembro de 2003 a 18 de fevereiro de 2004

Mês/ tratamento	Novembro	Dezembro	Janeiro	Fevereiro
Cria de zangão aberta				
T01	0,00	0,00	24,00±19,39	0,00
T02	0,00	12,80±10,91	54,40±33,91	0,00
T03	0,00	22,40±15,11	37,60±19,46	1,60±1,60
T04	0,00	21,00±12,29	27,40±26,17	1,00±1,00
Cria de zangão fechada				
T01	0,00	35,20±20,14	0,00	60,80±22,43
T02	12,00±10,12	76,80±22,68	0,00	44,00±12,65
T03	0,00	12,00±9,30	0,00	54,40±19,47
T04	2,40±2,40	25,60±20,96	0,00	38,40±22,08
Cria de zangão total				
T01	0,00	35,20±45,02	24,40±43,60	60,80±50,15
T02	12,00±22,63	89,60±63,54	54,40±75,82	44,0±28,28
T03	0,00	34,40±33,42	37,60±43,51	56,00±45,52
T04	2,40±5,37	46,60±66,09	27,40±58,51	39,40±48,74

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

Verifica-se pela Figura 20 que nos períodos de alternância de pico o ponto de encontro das duas curvas ocorreu em torno de 20,00 cm². Este dado sugere que existe um mecanismo de regulação para estas áreas que é ativado quando ocorre o desequilíbrio entre a quantidade de cria aberta e fechada, sendo que a tolerância de equilíbrio ocorre aos 20,00 cm² de área. Segundo Free (1980 e 1987) a presença de cria de zangões inibe a produção de machos nas famílias.

Apesar da quantidade média da área de cria aberta em dezembro ter sido 13,48±24,65 cm² este parâmetro só foi observado em 2 das 5 colônias de T02 e T03 e 3

das 5 famílias de T04. Já a cria de zangão fechada foi encontrada em todos os tratamentos. As médias das áreas de cria de zangão podem ser observadas na Tabela 16.

Segundo Souza et al. (2002), entre os meses de setembro e dezembro, devido à escassez de zangões, a região de Castelo do Piauí só deve ser usada como área de campo de fecundação de rainhas se for realizado um programa de alimentação suplementar nas colônias. A existência de cria de zangões em dezembro, época considerada crítica na região, demonstrou que as rações utilizadas foram eficazes na manutenção das colônias.

As famílias alimentadas com feno de mandioca e farinha de babaçu (ração T03) apresentaram ao final do experimento a maior área de cria de zangão fechada e a menor área de cria de zangão aberta (Tabela 16). Entretanto, foram as colônias alimentadas com pólen que apresentaram em fevereiro a menor área de zangão, apesar do consumo deste alimento ter sido maior do que o consumo das demais rações e a área de cria de operária ser maior do que a área de T01, T02 e T03.

Apesar da presença de zangões ser influenciada pela disponibilidade de alimento no campo e poder indicar a eficiência das rações fornecidas às colônias, a existência dos mesmos nas famílias é resultado de uma complicada rede de fatores estimulantes e inibidores (FREE, 1987), não se devendo atribuir a presença dos mesmos a um fator isolado.

Devido ao alto consumo de alimento dos zangões e a não contribuição dos mesmos na coleta dos alimentos ou outras tarefas da colônia, os machos só são produzidos e mantidos quando as famílias podem sustentá-los (WINSTON, 1987). Assim, mesmo não se podendo atribuir a existência de zangões somente aos alimentos fornecidos, é incontestável que os mesmos influenciaram o desenvolvimento das colônias favoravelmente, contribuindo para a presença de machos em uma época de escassez de alimento, quando não se observa a existência dos mesmos nas colônias.

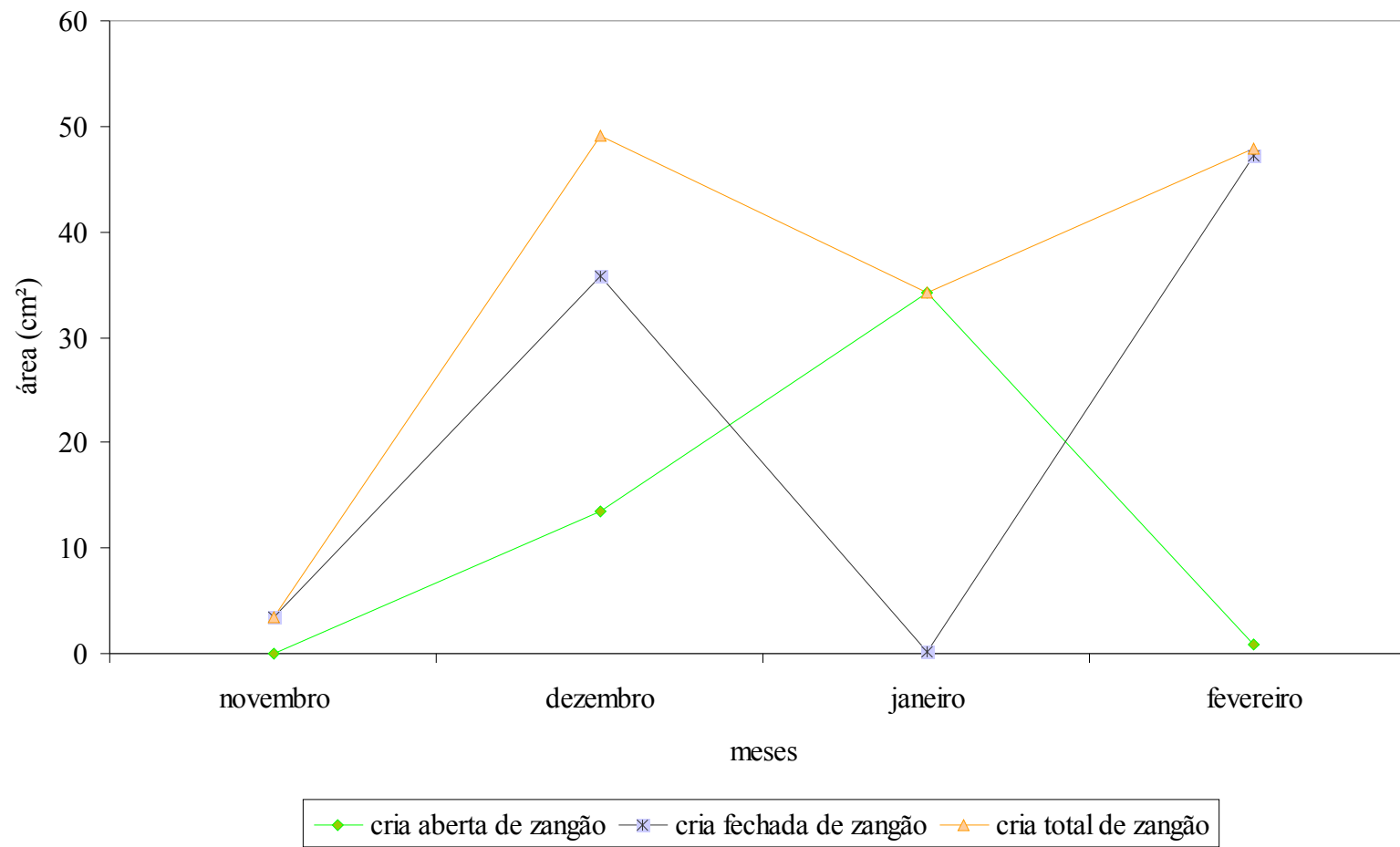


Figura 20: Desenvolvimento geral da área de cria de zangão das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004.

Pelas curvas de desenvolvimento da área de cria de zangão dos tratamentos 1, 2 e 4 (Figura 21) observa-se que nos primeiros 30 dias após o início da alimentação a quantidade de cria de macho aumentou rapidamente, decaindo no período seguinte. Nos últimos 45 dias a curva foi decrescente para T01 e crescente para T02 e T04.

Nas colônias alimentadas com farelo de babaçu e sucedâneo do leite de bezerro a curva de desenvolvimento da área de cria de zangão foi crescente durante todo o período de ensaio. Todos os tratamentos terminaram o experimento com área de cria de zangão, indicando uma condição melhor das colônias do que no início do experimento.

Uma característica marcante da abelha africanizada é a capacidade de abandonar as colméias quando as condições ambientais não estão favoráveis ao desenvolvimento das colônias. Segundo Winston (1987) a taxa de abandono das abelhas tropicais varia de 15 a 30%, podendo chegar a 100% em condições muito adversas. Além dos ataques de predadores e inimigos naturais e temperatura, umidade relativa do ar, insolação e precipitação abundantes ou escassas, a falta de néctar, pólen ou água contribuem para o aumento da taxa de abandono.

Sousa et al. (2000) observaram uma região na caatinga um percentual de abandono das colméias de 81,25%, sendo que 31,25% foi causado pela indisponibilidade de néctar e pólen na região. A maior taxa de abandono foi observado na época seca (54%), havendo correlação negativa entre esta taxa e as áreas de mel ($r = -0,6347$) e pólen ($r = -0,5755$). Souza et al. (2002) observaram na região de Castelo do Piauí uma taxa de abandono de 73,30%, sendo a limitação de pasto apícola a causa principal e os meses entre setembro e dezembro o período mais crítico.

Nesta pesquisa, estava previsto inicialmente realizar-se a medição da taxa de abandono das colméias como um dos parâmetros para avaliar a eficiência das rações formuladas, entretanto, durante todo o período de fornecimento dos alimentos não houve abandono das colméias trabalhadas, demonstrando novamente que as rações formuladas foram eficientes na manutenção das colônias e podem ser utilizadas pelos apicultores para esta finalidade.

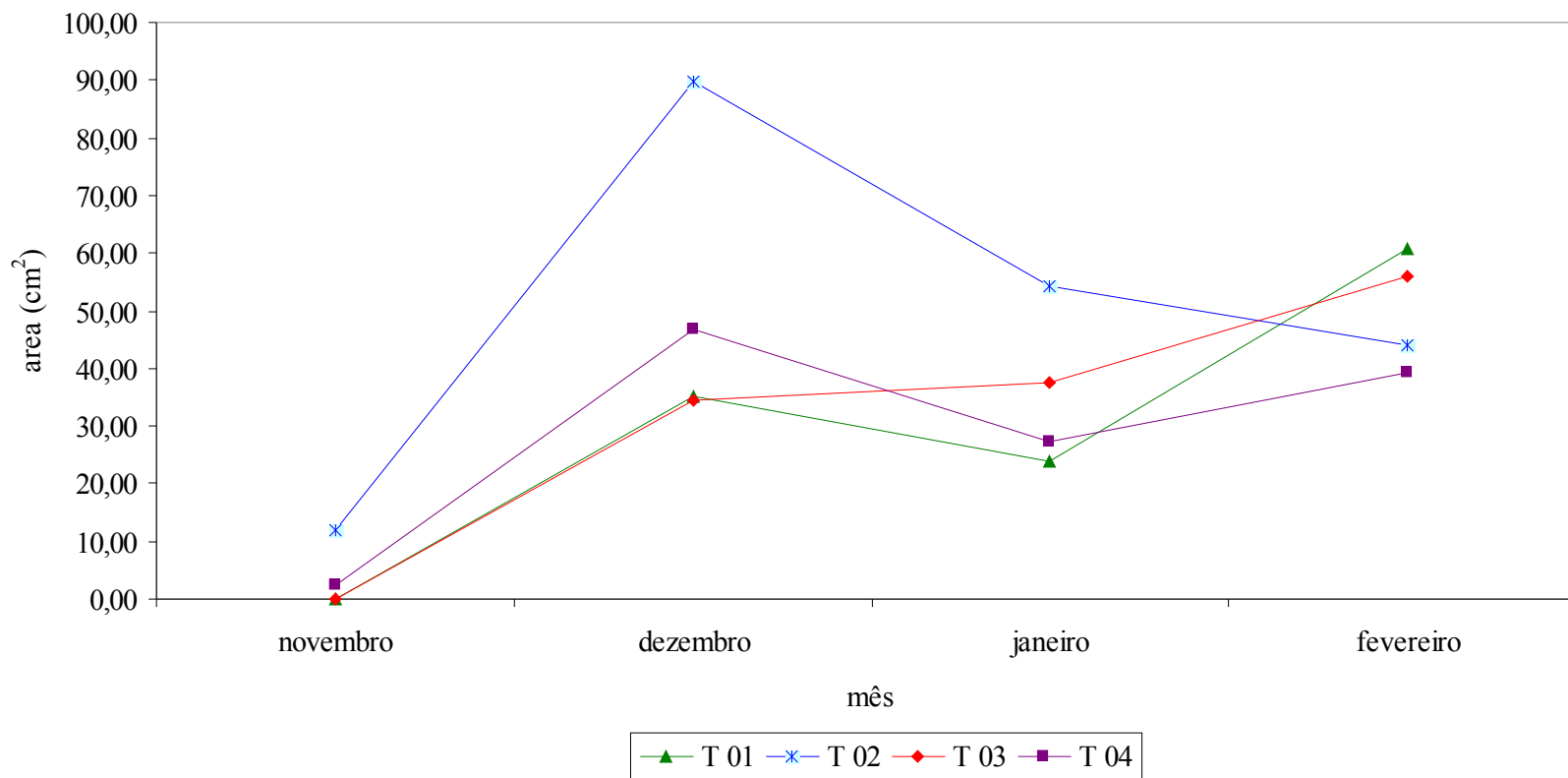


Figura 21: Desenvolvimento da área de cria de zangão das colônias de *Apis mellifera* localizadas em Castelo do Piauí, PI, de novembro de 2003 a fevereiro de 2004 submetidas a quatro rações protéicas diferentes.¹

¹ Colônias alimentadas com 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 643,90 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

4.5. Digestibilidade

Na tabela 17 observa-se a quantidade de alimento total (ração + xarope + água) ingerido por cada abelha confinada para os experimentos de digestibilidade. Só foi observada diferença significativa pelo teste t de Kruskal-Wallis no ensaio realizado entre 15 e 19 de novembro de 2004 ($t = 11,88$; $P < 0,05$). Nessa data o menor consumo é observado nas abelhas do tratamento aptotéico e o maior consumo é observado nas abelhas alimentadas com feno de mandioca e farelo de babaçu, entretanto, esse padrão não se manteve nos demais ensaios montados.

Tabela 17: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual do alimento (ração + xarope + água) ingerido (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.

Tratamento	01 a 05/11/04	15 a 19/11/04	29/11 a 03/12/04	13 a 17/12/04	10 a 14/01/05
Postos					
T01	9,00	10,00 a b c	8,25	5,00	14,00
T02	16,00	20,20 a	10,50	11,40	12,60
T03	13,80	16,60 a b	10,60	13,60	15,60
T04	7,00	12,60 a b c	15,60	11,25	11,80
T05	6,80	5,60 d	14,00	11,50	11,00
Médias					
T01	149,16±3,64	90,31±17,21	64,28±8,26	116,63±8,23	65,34±12,70
T02	174,62±6,48	158,62±47,3 2	77,39±16,23	147,58±7,01	60,82±10,91
T03	170,78±13,4 7	96,38±3,57	82,57±16,85	158,12±13,6 2	72,10±14,96
T04	129,22±21,7 3	85,81±4,66	129,97±30,13	147,80±25,8 1	62,37±17,01
T05	139,63±5,49	72,36±7,34	120,78±43,76	145,29±21,1 9	53,43±6,89

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

T05: Tratamento aptotéico

A variabilidade do consumo do alimento entre os tratamentos foi muito grande, não sendo possível determinar em que tratamento houve a menor ou maior ingestão de alimento. Houve também uma variabilidade muito grande no consumo do alimento entre os períodos estudados, entretanto, nota-se que, com exceção de T01, nos demais tratamentos o menor consumo foi observada no último período, entre 10 e 14 de janeiro de 2005.

A quantidade de alimento protéico ingerido por cada abelha pode ser observada na Tabela 18. Foi encontrada diferença significativa pelo teste t de Kruskal-Wallis nos ensaios realizados entre 15 e 19 de novembro de 2004 ($t = 12,87$; $P < 0,01$); 29 de novembro e 03 de dezembro de 2004 ($t = 10,89$; $P < 0,05$) e 13 e 17 de novembro de 2004 ($t = 11,19$; $P < 0,05$).

Tabela 18: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual da ração ingerida (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.

Tratamento	01 a 05/11/04	15 a 19/11/04	29/11 a 03/12/04	13 a 17/12/04	10 a 14/01/05
Postos					
T01	3,00	3,00 c	2,50 c	2,33 c	8,80
T02	7,50	16,00 a	9,50 a b	9,40 b	11,20
T03	6,80	12,40 a b	10,40 a b	7,80 b	12,80
T04	11,75	10,60 a b	14,20 a	15,00 a	9,20
Médias					
T01	5,70±0,28	2,11±0,24	0,25±0,04	2,01±0,59	7,83±6,39
T02	13,65±5,12	16,17±2,56	2,69±0,70	4,39±0,38	3,11±1,03
T03	12,16±2,72	11,96±1,13	3,11±0,53	4,07±0,76	3,46±0,96
T04	19,16±0,88	10,33±2,83	10,14±2,82	8,87±1,63	2,05±0,46

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

Observa-se que nos quatro primeiros ensaios a ração formulada com feno de mandioca e farinha de algaroba (T01) foi menos consumida, representando 1 a 3% do alimento total ingerido. No último ensaio, entre 10 e 14 de janeiro de 2005, esta ração foi a mais consumida pelas abelhas, representando 12% de todo o alimento ingerido.

O consumo da ração composta por feno de mandioca e farelo de babaçu (T02) teve ampla faixa de variação, em média 2,69 a 16,17 mg, representando 3 a 10% do total de alimento ingerido. Resultados similares foram observados na ração composta por farelo de babaçu e sucedâneo do leite (T03), seu consumo representou 3 a 12% de todo o alimento ingerido, demonstrando, também, grande variação.

O pólen foi o alimento mais consumido no primeiro, terceiro e quarto estudos realizados. No segundo ensaio o pólen foi o terceiro alimento mais consumido e no quinto ensaio foi o alimento menos consumido. A ingestão do pólen representou 3 a 15% do total de alimento ingerido.

As rações formuladas foram menos consumidas no período entre 29 de novembro e 03 de dezembro de 2004 e o menor consumo do pólen ocorreu entre 10 e 14

de janeiro de 2005. Apesar da grande variabilidade verificada na ingestão dos alimentos protéicos, observa-se que a ração composta por feno de mandioca e farinha de algaroba foi a menos ingerida em quatro dos cinco ensaios realizados, havendo diferença significativa neste consumo no segundo, terceiro e quarto ensaio, o que sugere que esta ração é menos palatável do que as demais. O pólen foi o alimento mais consumido nos quatro primeiros ensaios.

A variabilidade do consumo da ração nos diferentes períodos de mensuração e nos diferentes tratamentos também foi observada no campo, havendo concordância dos resultados, ou seja, maior ingestão de pólen e menor ingestão da ração composta por feno de mandioca e farinha de algaroba (T01).

Apesar do consumo do alimento protéico aparentemente ser pequeno neste experimento, variando entre 0,18 mg a 202,84 mg, estão de acordo com as referências encontradas sobre o assunto. Szolderits & Crailsheim (1993) observaram na bolsa de mel de abelhas jovens quantidade de pólen negligenciável (menos de 200 grãos/abelha). A quantidade de pólen no trato gastrointestinal aumenta nos zangões e operárias com até 3 e 9 dias de idade, respectivamente, decaindo a partir de então. A quantidade máxima de alimento protéico observado em zangões é de 0,2275 mg e em operárias, 9,53 mg (CRAILSHEIM ET AL., 1992; SZOLDERITS & CRAILSHEIM, 1993). As operárias utilizadas neste experimento não atingiram a idade de 9 dias, quando há maior consumo de alimento protéico.

O consumo do xarope durante os ensaios de digestibilidade é observado na tabela 19. Não houve diferença significativa neste parâmetro durante o período analisado.

A ingestão do xarope variou de 13,0 a 1.852,34 mg/operária, representando 30 a 70% do total de alimento consumido nas gaiolas em que foi fornecido alimento protéico. Nas gaiolas do tratamento aprotéico esta ingestão representou 52 a 80% do alimento total. Elbassiouny et al. (1999) verificaram que o requerimento de alimento das operárias está relacionado com polietismo temporal, variando de 42 a 161 mg, uma vez que as operárias campeiras requerem maior quantidade de energia para buscarem alimento no campo.

O consumo do alimento energético foi maior do que do alimento protéico em todos os tratamentos. A relação média de consumo de energia:proteína foi 25:1. Embora, observe-se uma variação entre os períodos estudados, o consumo de xarope foi maior em 4 dos 5 ensaios nas gaiolas que receberam a ração composta por feno de

mandioca e farelo de babaçu (T02). Embora a estocagem de mel não seja o mesmo que o consumo de alimento energético, é interessante lembrar que as colônias que receberam esta ração tiveram um incremento na área de mel maior do que as colônias dos demais tratamentos, sugerindo que esta formulação de ração incentiva a coleta e/ou o consumo do alimento energético.

Tabela 19: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual do xarope invertido ingerido (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.

Tratamento	01 a 05/11/04	15 a 19/11/04	29/11 a 03/12/04	13 a 17/12/04	10 a 14/01/05
Postos					
T01	16,00	16,00	11,75	11,33	13,20
T02	13,20	13,20	10,25	13,00	11,80
T03	13,40	13,40	10,80	13,60	16,60
T04	13,40	13,40	11,00	7,50	11,60
T05	9,00	9,00	15,80	8,50	11,80
Médias					
T01	104,92±10,08	45,76±1,81	38,78±5,91	84,57±16,66	29,76±3,17
T02	112,42±22,39	90,88±48,43	35,03±5,51	94,21±4,99	34,27±9,48
T03	97,62±11,13	44,48±1,23	39,96±7,85	94,01±13,51	33,75±3,22
T04	67,33±1,81	44,30±3,09	36,69±6,11	71,22±14,14	33,18±9,21
T05	111,06±11,49	39,22±7,30	72,98±28,55	78,51±8,91	27,96±3,08

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

T05: Tratamento aprótico

As gaiolas que receberam a ração formulada com farelo de babaçu e sucedâneo do leite (T03) tiveram o segundo maior consumo de xarope em quatro dos cinco períodos estudados. Como as rações de T02 e T03 possuem em comum o farelo de babaçu, é possível que este componente seja o responsável pelo incentivo da coleta e consumo do alimento energético, necessitando-se de mais estudos para se obter um resultado conclusivo.

No tratamento aprótico o consumo de xarope foi muito variado e a falta do fornecimento de alimento protéico parece não ter influenciado este consumo.

Ao contrário do que foi observado na ingestão da ração, existiu uma relação com o consumo de xarope e o período analisado. Verifica-se pela tabela 19 que o menor consumo ocorreu no último período de ensaio em todos os tratamentos e, com exceção de T04, o maior consumo foi observado no primeiro período de ensaio. A média da

ingestão do xarope em cada período foi $97,49 \pm 29,64$ mg entre 01 e 05 de novembro de 2004; $52,93 \pm 29,64$ mg entre 15 e 19 de novembro de 2004; $45,37 \pm 33,03$ mg entre 29 de novembro e 03 de dezembro de 2004; $85,43 \pm 23,38$ mg entre 13 e 17 de dezembro de 2004 e $31,78 \pm 13,30$ mg entre 10 a 14 de janeiro de 2005.

É provável que alguma condição ambiental tenha influenciado o consumo de xarope, entretanto, como as abelhas utilizadas nos ensaios de digestibilidade emergiram no B.O.D. e não tiveram contato com o ambiente externo e com as demais operárias das colônias, a exemplo do que se observou nos ensaios de toxicidade, a informação do fator ambiental que influenciou o maior ou menor consumo de alimento energético deve ter sido repassado para as larvas pelo contato com as abelhas nutrizas. Apesar dos ensaios terem sido realizados muito próximo uns dos outros, verifica-se que o menor consumo de alimento ocorreu no período em que já havia disponibilidade de alimento no campo e o maior consumo ocorreu no período mais crítico.

Os dados obtidos para o consumo da água podem ser observados na tabela 20. Não houve diferença significativa pelo teste t de Kruskal-Wallis nos ensaios realizados. A ingestão da água representa 26 a 52% de todo o alimento consumido pelas abelhas que receberam ração e 20 a 48% de todo alimento consumido nas gaiolas do tratamento aprotéico.

Tabela 20: Médias, desvios-padrões e postos médios do consumo individual da água ingerida (mg) pelas abelhas confinadas para teste de digestibilidade realizado em Teresina, PI.

Tratamento	01 a 05/11/04	15 a 19/11/04	29/11 a 03/12/04	13 a 17/12/04	10 a 14/01/05
Postos					
T01	10,40	10,40	8,75	4,00	13,00
T02	18,20	18,20	10,75	9,40	12,80
T03	14,80	14,80	11,80	14,20	12,20
T04	10,00	10,00	15,20	13,75	12,80
T05	11,60	11,60	12,60	11,50	14,20
Médias					
T01	$38,53 \pm 9,91$	$42,44 \pm 17,59$	$25,25 \pm 3,95$	$30,04 \pm 10,19$	$27,73 \pm 8,09$
T02	$48,54 \pm 15,40$	$51,57 \pm 10,64$	$39,66 \pm 12,63$	$48,69 \pm 4,64$	$23,43 \pm 3,45$
T03	$61,01 \pm 10,73$	$39,94 \pm 4,88$	$39,49 \pm 10,61$	$59,96 \pm 4,73$	$34,89 \pm 14,29$
T04	$42,72 \pm 8,95$	$31,19 \pm 5,78$	$83,14 \pm 29,30$	$67,71 \pm 15,54$	$27,14 \pm 8,17$
T05	$28,57 \pm 6,74$	$33,14 \pm 5,48$	$47,79 \pm 16,43$	$66,78 \pm 18,59$	$25,47 \pm 4,37$

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

T05: Tratamento aprotéico

A exemplo do que se observou com a ração, a variação do consumo de água foi grande nos diferentes períodos estudados, não sendo possível relacioná-lo com a ingestão de alimento protéico e energético ou com o período de estudo. Em média o consumo de água foi 2,5 vezes menor do que o consumo de xarope e 16 vezes maior do que o consumo de alimento protéico. Os resultados de consumo obtidos mostram que, fornecendo-se xarope invertido a 50% e alimento protéico com 20% e PB, a alimentação das operárias fica composta de 1 parte de alimento protéico: 22 partes de alimento energético: 16 partes de água.

Os coeficientes de digestibilidade dos alimentos podem ser observados na Tabela 21. Não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Apesar dos altos índices de digestibilidade, observa-se pela Figura 22, que ao se retirar as fezes contidas no proctodéu era possível observar grande quantidade de alimento sólido nas mesmas. Entretanto, é importante ressaltar que os testes de digestibilidade foram realizados com operárias com idade variando de 3 horas a 5 dias e, segundo Mortiz & Crailsheim (1987) e Szolderits & Crailsheim (1993), a atividade das enzimas proteolíticas das operárias é máxima a partir dos 8 dias de idade. Mortiz & Crailsheim (1987) verificaram, ainda, que em abelhas confinadas a atividade das enzimas proteolíticas é menos eficiente.

Tabela 21: Médias, desvios-padrões e postos médios da digestibilidade (%) das abelhas confinadas em Teresina, PI.

Tratamento	01 a 05/11/04	15 a 19/11/04	29/11 a 03/12/04	13 a 17/12/04	10 a 14/01/05
Postos					
T01	15,40	15,40	9,75	8,00	14,20
T02	16,40	16,40	16,50	10,40	15,60
T03	15,20	15,20	8,20	13,60	13,60
T04	5,40	5,40	11,60	6,00	9,20
T05	12,60	12,60	14,40	15,75	12,40
Médias					
T01	97,67±0,11	89,18±1,66	80,25±2,53	88,31±1,80	85,45±3,07
T02	97,14±0,72	89,85±1,95	86,63±2,53	88,61±1,07	85,97±1,44
T03	97,02±0,41	89,14±1,99	77,64±3,96	90,05±0,74	84,75±2,63
T04	94,04±1,77	83,15±1,25	80,23±5,16	87,02±1,10	81,57±3,09
T05	97,16±0,74	87,14±2,44	84,81±3,87	90,99±0,99	83,51±1,05

T01: 260 g de mandioca; 140 g de algaroba; 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha;

T02: 68 g de mandioca; 332 g de babaçu; 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha;

T03: 304 g de babaçu; 96 g sucedâneo do leite; 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha;

T04: 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope.

T05: Tratamento aprótico

Os altos índices de digestibilidade observados podem ser atribuídos ao grande consumo de água e xarope invertido, que compuseram 40 e 54% de todo o alimento consumido neste experimento.

Segundo Crailsheim (1988 a), Candy et al., (1997) e Blatt & Roces (2002) a glicose é absorvida nos $\frac{2}{3}$ iniciais do estômago por difusão simples e somente pequenas quantidades atingem o reto. A taxa de passagem da glicose do trato digestivo de operárias imobilizadas para a hemolinfa pode variar de $3,2 \pm 0,4$ a $3,7 \pm 0,4$ $\mu\text{l}/30$ min (CRAILSHEIM, 1988 a). Quanto à água, além de ser absorvida no mesodéu, especula-se que as glândulas retais auxiliem na absorção de água contida no reto (SNODGRASS, 1953 e 1975; DADE, 1962; STANDIFER, 1967; GALLO et al. 1988). Apesar da concentração molar de açúcar no alimento energético influenciar a passagem deste alimento da bolsa de mel para o ventrículo, o consumo de água não influencia a passagem do alimento pelo trato digestivo (CRAILSHEIM, 1988 a).

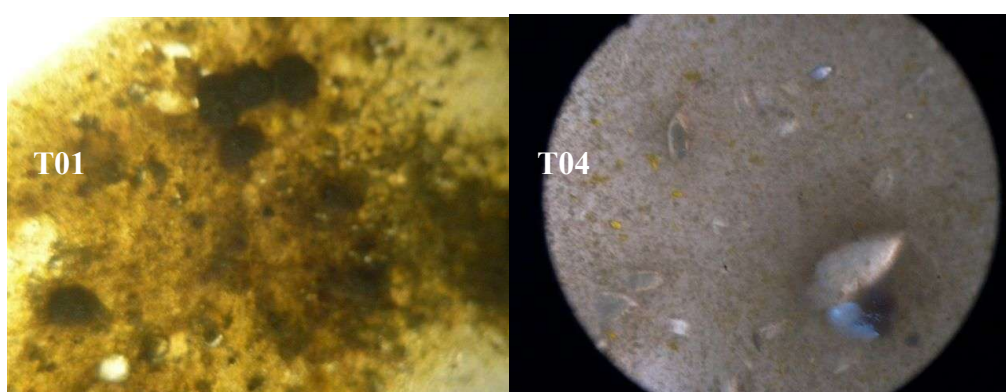
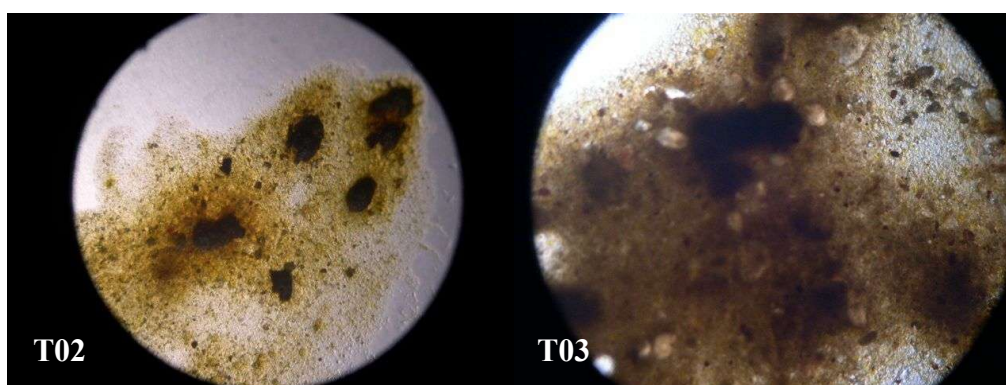


Figura 22: Detalhe do conteúdo do proctodéu analisado nos testes de digestibilidade realizados entre 01 e novembro de 2004 e 14 de janeiro de 2005, onde: 260 g de mandioca, 140 g de algaroba, 437,39 g de xarope e 0,96 g de essência de baunilha (T01); 68 g de mandioca, 332 g de babaçu, 437,39 g de xarope e 1,32 g de essência de baunilha (T02); 304 g de babaçu, 96 g de sucedâneo de leite, 507,73 g de xarope e 1,08 g de essência de baunilha (T03) e 500g de pólen apícola e 254,79 g de xarope (T04).

Por outro lado, apesar da digestibilidade depender da origem botânica do pólen (DOBSON & PENG, 1995), segundo Cruz-Landim (1985), somente 50% do pólen ingerido é aproveitado pelas abelhas. Schmidt & Buchmann (1985) observaram a digestibilidade aparente do pólen variando de 77 a 89% e a digestibilidade do nitrogênio variando de 72 a 83%. Schmidt et al. (1989) verificaram uma digestibilidade aproximada de 90% e digestibilidade do nitrogênio de 83,60% para o pólen de *Typha latifolia*. Crailsheim et al. (1993 b) verificaram que a porcentagem de grãos de pólen completamente digerido varia de $46,05 \pm 33,81$ a $75,93 \pm 5,30$, dependendo da espécie vegetal. Szolderits & Crailsheim (1993) observaram o grau de digestão do pólen de *Castanea sativa* variando de 50 a 45% no intestino das operárias e entre 50 a 10%, dependendo da idade, no intestino dos zangões. No reto, o grau de digestão variou, conforme a idade, de 70 a 40% nas operárias e de 50 a 10% nos zangões.

Das pesquisas citadas acima, somente Schmidt & Buchmann (1985) e Schmidt et al. (1989) realizaram teste de digestibilidade, os demais autores estudaram a digestão do pólen por meio de dissecação e observação do trato digestivo das abelhas. Entretanto, mesmo Schmidt & Buchmann (1985) e Schmidt et al. (1989) não utilizaram a mesma metodologia usada neste experimento para determinar a digestibilidade. Estes autores trabalharam com uma gaiola de confinamento que simulava as condições naturais das operárias. A digestibilidade foi calculada em cima da matéria seca do alimento consumido, as fezes foram colhidas após o vôo de higienização e não foi considerada a matéria seca do alimento energético consumido.

Esperava-se neste experimento que a digestibilidade das abelhas alimentadas com pólen fosse maior do que das demais rações oferecidas. Entretanto, o pólen fornecido às abelhas foi coletado antes de ser processado dentro das colônias e, segundo Mortiz & Crailsheim (1987), a disponibilidade protéica do pólen estocada nas colméias, também denominado de pão-das-abelhas, é maior do que a disponibilidade protéica do pólen retirado por meio de coletores antes de serem estocados. Fernandes da Silva & Serrão (2000) também observaram uma diferença no valor nutricional e na

digestibilidade aparente no pólen coletado e estocado (pão-das-abelhas) das abelhas *Scaptotrigona postica*.

O fornecimento de alimentos com baixa digestibilidade no período em que as abelhas não podem sair para o vôo de higienização provoca a fermentação dos restos alimentares no reto, favorecendo a proliferação de fungos, leveduras e bactérias, o que pode causar disenteria e provocar um comportamento irrequieto nas abelhas, elevando a temperatura interna da colméia (DADE, 1962). Durante o período em que as abelhas permaneceram confinadas não foi observada a existência de fezes no interior das gaiolas, que seria sinal de disenteria, e nem comportamento irrequieto, contudo, notou-se que as abelhas alimentadas com pólen apresentavam-se mais dóceis e eram mais fáceis de manejar.

A quantidade e qualidade disponível do nitrogênio no alimento limitam o crescimento e fecundidade dos insetos (PARRA, 1986), abelhas que ingerem alimentos com baixa digestibilidade possuem o aumento do nitrogênio corporal lento (HAYDAK, 1936).

Pela análise do peso realizada no quarto ensaio observou-se perda de peso corporal das abelhas em todos os tratamentos, entretanto a perda de peso foi menor nas abelhas alimentadas com pólen e maior nas abelhas alimentadas somente com xarope. O peso médio das abelhas ao emergirem foi 88,08 mg e o peso médio em cada tratamento foi 75,50 mg em T01; 73,58 mg em T02; 75,71 mg em T03; 87,36 mg em T04 e 70,72 mg em T05. Verifica-se que entre as rações formuladas a menor perda de peso é observada em T03 e a maior em T01, que foi o alimento menos consumido. A redução do peso observada sugere que o aproveitamento protéico dos alimentos não foi suficiente para haver desenvolvimento glandular, muscular e corporal, que teriam como consequência o ganho de peso. Entretanto, embora as rações não tenham proporcionado ganho de peso das operárias, também não houve uma perda tão acentuada como observada no tratamento aprotéico.

Embora estes dados auxiliem a percepção do aproveitamento protéico dos alimentos fornecidos, é importante salientar que o peso inicial e final não foram obtidos nas mesmas abelhas, havendo variação individual, o que pode interferir nos resultados alcançados.

Além da variação individual, o próprio confinamento modifica o metabolismo das abelhas e pode intervir no ganho de peso. Segundo Crailsheim et al. (1993 a) as

abelhas confinadas possuem menor teor de incorporação protéica e menor desenvolvimento da glândula hipofaríngea do que as abelhas nas colônias.

O peso médio das fezes contidas no proctodéu foi 137,30 mg, a análise do intestino das abelhas recém-emergidas demonstrou que as mesmas possuem no proctodéu 186,65 mg de uma substância líquida e transparente com 83° brix, o que confere a este líquido a característica de reserva energética. Como não ocorre alimentação da pupa e no final do período larval todo conteúdo do proctodéu é descarregado para fora do organismo (SNODGRASS, 1953; CAVALCANTE & CRUZ-LANDIM, 2004), pode-se concluir, que o conteúdo no lúmen do intestino não deve ser alimento.

Segundo Snodgrass (1953) após a distinção do proctodéu, o conteúdo acumulado nos tubos de Malpighi é todo descarregado no intestino posterior. Contudo, espera-se que os resíduos acumulados nos tubos de Malpighi sejam ricos em sais e ácidos orgânicos, mas não em açúcares. Por outro lado, durante a degeneração do aparelho digestivo no período larval para sua posterior reconstituição, o conteúdo celular é todo descarregado no lúmen para digestão (CAVALCANTE & CRUZ-LANDIM, 2004) podendo esta ser a origem do fluido observado neste experimento.

Em análises subseqüentes, observou-se que quando as abelhas recém-emergidas eram confinadas sem o fornecimento de alimento, o proctodéu apresentava-se posteriormente vazio, demonstrando que o conteúdo inicial havia sido absorvido. Apesar dos esforços para se determinar o tempo em que esta absorção ocorre, não foi possível obter tal resultado, pois a maioria das abelhas sem alimento morria com o proctodéu ainda cheio. Como o peso do conteúdo do intestino posterior nas abelhas recém-emergidas é maior do que o peso das fezes coletadas nas abelhas alimentadas, já se esperava que o líquido inicial fosse absorvido, porém a determinação do tempo necessário para que haja a absorção total é importante, pois esse líquido pode ter afetado os resultados obtidos de digestibilidade dos alimentos.

Durante o teste de digestibilidade observou-se grande mortalidade das abelhas que estavam sendo alimentadas com ração contendo farelo de babaçu. Posteriormente foi detectado que esta mortalidade estava sendo provocada pela oxidação deste farelo, sendo assim, o apicultor que for fornecer este alimento deve ficar alerta para sua validade.

Os resultados obtidos demonstrarem a necessidade de ajustes na metodologia utilizada, uma vez que os altos índices de digestibilidade obtidos parecem estar mais

relacionados ao alto consumo de alimento energético e de água observados. Entretanto, como a ingestão do alimento protéico não afetou a digestibilidade e foi observado um comportamento dócil das abelhas confinadas, pode-se concluir que as rações formuladas foram digeríveis para as abelhas, apesar da perda de peso corporal, que pode ter sido resultado do desbalanceamento de aminoácidos contido na ração.

Os resultados reforçaram as observações realizadas no campo de que as rações formuladas podem ser fornecidas como suplementação alimentar, mas não trazem resultados satisfatórios em períodos em que a escassez de alimento é mais acentuada ou em situações em que as rações passam a ser a única fonte protéica fornecida às abelhas.

5. CONCLUSÕES

O alto teor de açúcares contido na farinha de bordão-de-velho (*Pithecellobium cf. saman*) não permite que a mesma seja fornecida às abelhas na forma *in natura*, pois a caramelização destes açúcares durante o processamento faz com que a farinha posteriormente grude no corpo das abelhas, matando-as asfixiadas.

O farelo de babaçu (*Orbygnia martiana*) e a farinha de vagem de algaroba (*Prosopis juliflora*) e o sucedâneo do leite da marca Purina® não são tóxicos para *Apis mellifera*, podendo ser usados na formulação de ração para as abelhas.

O feno da leucena (*Leucaena leucocephala*) contém os teores de aminoácidos essenciais requeridos pelas abelhas *Apis mellifera*, que não sentem os efeitos tóxicos do aminoácido mimosina, presente nesta espécie vegetal. Sendo assim a leucena pode ser fornecida para as abelhas.

O pólen foi o alimento mais eficiente, entretanto, as três rações formuladas contribuíram para manutenção das colônias em um período considerado crítico na região, aumentando a área de alimento, reduzindo a perda da área de cria e evitando o abandono das colméias pelos enxames.

Os altos índices de digestibilidade observados devem estar relacionados com o alto consumo de xarope invertido e água. Entretanto, o comportamento das operárias nas gaiolas de confinamento demonstra que o alimento protéico teve boa digestibilidade.

Com os resultados obtidos pode-se recomendar as rações formuladas a apicultores como suplementação alimentar, entretanto, em situações em que as rações passam a ser a única fonte protéica fornecida às abelhas seria necessário a busca de outras alternativas.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABBAS, T. ABID, H.; ALI, R. Black gram as a pollen substitute for honey bees. *Animal feed science and technology*. n. 54, p. 357-359, 1995.

ALCOFORADO FILHO, F. G.; GONÇALVES, J. C. Flora apícola e produção de mel orgânico no Piauí. IN: IN: Vilela, S.L.O.; Alcoforado Filho, F.G. (org) *Cadeia Produtiva do mel no estado do Piauí*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 48-59, 2000.

ALCOFORADO FILHO, F.G.; RIBEIRO FILHO, F.C. *Capacidade de suporte da caatinga para produção de mel*. Relatório técnico de subprojeto de pesquisa financiado pelo BN. 10 p. 2000.

ALENCAR, L.C. *Estudo comparativo da alimentação suplementar de colméias de Apis mellifera com xarope e rapadura de cana-de-açúcar (Saccharum Officinarum)*. Teresina: UFPI, 1997. 16p. Trabalho de Conclusão de Curso.

ALICE. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior. Disponível em <http://aliceweb.mdic.gov.br/>. Consultado em 05/08/2003.

ALLEN, M. D.; JEFFREE, E. P. The influence of stored pollen and os colony size on the brood rearing of honeybees. *Ann. App. Biol.*, v. 44, n. 4, p. 649-645, 1956.

ALMEIDA, E. X.; AGOSTINI, I.; TERNES, M. Aproveitamento da parte aérea da mandioca na alimentação de bovinos. *Agropecuária Catarinense*, 6 p. 30-33, 1990.

ALMEIDA, M.J.O.F, CENTANO, A.J.. Produção das abelhas. IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA,10, Pousada do Rio Quente, GO, 1994. *Anais...* Pousada do Rio Quente, GO: Confederação Brasileira de Apicultura, 1994, p.346.

ALMEIDA, S.P. de. Potencial da Flora Apícola do Cerrado. IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11. 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. p.187-191.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PAMPOLA, L.C.; COIMBRA, S. BARTH, O.M. Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2004. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>.

ALMEIDA-MURADIAN, L.B.; PRESOTO, A.E.F. Análise da composição centesimal de amostras de pólen apícola desidratado brasileiro. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. *Anais...*, SC, 2000, 1 par. CD-ROM. Seção Resumos.

AL-TIKRITY, W.S. et al. A new instrument for brood measurement in a honeybee colony. *American Bee Journal*, v.111, n.1, p.20-26, 1971.

ALVES, A. L. T. M. F.; SILVA, E. C. A.; MORETI, A. C. C. C.; SILVA, R. M. B. Efeito da suplementação protéica sobre a quantidade de pólen coletado e o desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). *Boletim de Indústria Animal*, v. 5, n. 1, p. 85-89, 1997.

ALVES, J. E.; SOUSA, R. M.; FREITAS, B. M.; ARAÚJO, Z. B. Variação na produtividade de mel das colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) no litoral cearense. IN: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1, 1998. *Anais...* Fortaleza: SNPA, v. 2, p. 223, 1998.

ALVES, M.M.B.M.V.; ALVES-JUNIOR, V.V.; LOPES, M.N.T. Efeito do resíduo de extrato floral de barbatimão, em soro fisiológico, na longevidade de *Apis mellifera*. IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11. 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. p.325.

AMARAL, E. A algarobeira como planta apícola. *Revista da Associação Brasileira de Algaroba*, v. 1, n. 1, p. 97-109, 1987.

AMDAM, G.V.; OMHOLT, S.W. The hive bee to forager transition in honeybee colonies: the double repressor hypothesis. *Journal of Theoretical Biology*, n. 223, p. 451-464, 2003.

AMDAM, G.V.; OMHOLT, S.W. The regulatory anatomy of honeybee lifespan. *Journal of Theoretical Biology*, n. 216, p. 209-228, 2002.

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. *Nutrição Animal*. Nobel: São Paulo, 2002, v. 1, 395 p.

ASENOT, M.; LENSKY, Y., The effect of soluble sugars in stored royal jelly on the differentiation of female honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae to queens. *Insect Biochemistry* v. 18, n. 2, p. 127-133, 1988.

AZEVEDO, A.L.G. *Estudo de parâmetros relacionados com a produção de geléia real em colméias de Apis mellifera mais e menos produtivas*. Jaboticabal (SP). 1996. 158p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP.

AZEVEDO-BENITEZ, A.L.G; NOGUEIRA-COUTO R. H. Estudo de algumas dietas artificiais visando a produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera*. IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3, 1998, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p.227-230.

BAIDYA, D. K.; SASAKI, M.; MATSUKA, M. Effect of pollensubstitute feeding site on brood rearing in honeybee colonies. *Applied Entomology and Zoology*, v. 28, n. 4, p. 590-592, 1993.

BARBOSA, H. P. *Valor nutritivo da algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.) através do ensaio da digestibilidade em carneiros*. Viçosa, 1977, 48p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa.

BARCHUK, A.R.; BITONDI, M.M.G.; SIMÕES, Z.L.P. Modulação do título de proteínas na hemolinfa de rainhas *Apis mellifera*. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 5, 2000, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 2000a, p. 310.

BARCHUK, A.R.; BITONDI, M.M.G.; SIMÕES, Z.L.P. Níveis de proteína total e de vitelogenina em rainhas jovens de *Apis mellifera*: independentes do tipo de dieta?. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 5, 2000, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 2000b, p. 310.

BARKER, R.J. Some carbohydrates found in pollen and pollen substitutes are toxic to honey bees. *The Journal of Nutrition*, v.107, n.10, p. 1859-1862, 1977.

BARKER, R.J. The influence of food inside the hive on pollen collection by a honeybee colony. *Journal of Apicultural Research*, v. 10, n. 1, p. 23-26, 1971.

BARRERA, E.D.; NOBEL, P.S. Nectar: properties, floral aspects and speculations on origin. *TRENDS in Plant Science*, v. 9, n. 2, p.65-69, 2004.

BERGUER, B., CRAILSHEIM, K; LEONHARD, B. Proline, leucine and phenylalanine metabolism in adult honeybee drones (*Apis mellifica carnica* Pollm.) *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v.27, n.6, p.587-593, 1997.

BERNARDELLO, G.; GALETTO, L.; FORCONE, A., Floral nectar chemical composition of some species from Patagonia II. *Biochemical Systematics and Ecology*, n. 27, p. 779-790, 1999.

BIELESKI, R. L.; TURNER, N. A. Separation and estimation of amino acids in crude plant extracts by thin-layer electrophoresis and chromatography. *Analytical Biochemistry*, v. 17, p. 278-293. 1966.

BITIOLI, J.V.; CHAUD NETTO, J. Consumo de alimento por operárias de *Apis mellifera* confinadas com e sem rainha. IN: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE BIOLOGIA DE ABELHAS E OUTROS INSETOS SOCIAIS, 1992. *Naturalia*, 1992, p. 253.

BITONDI, M.M.G. Síntese de proteínas reguladas por hormônios em *Apis mellifera*. IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3, 1998, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p. 167-176.

BLATT, J.; ROCES, F. Haemolymph sugar levels in foraging honeybees (*Apis mellifera carnica*): dependence on metabolic rate and in vivo measurement of maximal rates of trehalose synthesis. *The Journal of Experimental Biology*, n. 204, p. 2709-2716, 2001.

BLATT, J.; ROCES, F. The control of the proventriculus in the honeybee (*Apis mellifera carnica* L.). I. A dynamic process influenced by food quality and quantity? *Journal of Insect Physiology*, n. 48, p. 643-654, 2002.

BOBRZECKI, J.; WILD, J.; KRUKOWSKI. Effect of stimulative feeding with pollen on the development and productivity of honey bee colonies. *Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis Zootechnica*, n. 39, p. 193-203, 1994.

BORGES, D.S.; SANTANA, A.G.; SILVA, S. M.; MORAES-ALVES, M. M. B.; ALVES-JUNIOR, V. V. Relação entre visitas e mortalidades de abelhas em flores de *Spathodea campanulata* (BIGNONEACEAE). IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12. 1998, Salvador, BA. *Anais...* Salvador, BA: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998, p.181.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. v. 72, p. 248-254. 1976.

BRANDEBURGO, M. A. M. A competição entre operárias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) em alimentadores artificiais. IN: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE BIOLOGIA DE ABELHAS E OUTROS INSETOS SOCIAIS, 1992. *Naturalia*, 1992 p.147.

BRIGHENTI, D. M.; GUIMARÃES, C. R. Alimentação artificial em abelhas *Apis mellifera* sp. Utilizando o alimentador Brighenti. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. *Anais...*, SC, 2000, 1 par. CD-ROM. Seção Resumos.

BURGESS, E.P.J; MALONE, L.A.; CHRISTELLER, J.T. Effects of two proteinase inhibitors on the digestive enzymes and survival of honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, v. 42, n. 9, p. 823-828, 1996.

CALLIGARIS, I.B.; MALASPINA, O.; BUENO, O.C. Ação de néctar *Spathodea campanulata* em operárias de *Apis mellifera* L. IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11. 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996, p.339.

CAMPANA, B.J.; MOELLER, F.E. Honey bees: preference for nutritive value of pollen from five plant sources. *Journal of Economic Entomology*, v. 70, n. 1, p. 39-41, 1977.

CANDY, D.J; BECKER, A.; WEGENER, G. Coordination and integration of metabolism in insect flight. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 117B, n. 4 p. 497-512, 1997.

CARBONARI, V.; MORAES-ALVES, M.M.B.; ALVES-JUNIOR, V.V. E SANTANA, A.G. Efeito tóxico dos componentes florais (nectário e antera) do barbatimão em operárias de *Apis mellifera* (HYM.:APIDAE). . IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12. 1998, Salvador, BA. *Anais...* Salvador, BA: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998, p.182.

CARVALHO, A.C.P.; MESSAGE, D., CAMPOS, L.A.O., BARTH, M. E DE MARCO JUNIOR, P. Pólen tóxico como causa da cria ensacada brasileira. IN. ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3. 1998, Ribeirão Preto, SP. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p. 277.

CASTAGNINO, G. L. B; MESSAGE, D.; MARCO JÚNIOR, P.; FERNANDES FILHO, E. I. Avaliação da eficiência nutricional do substituto de pólen por meio de medidas de áreas de cria e pólen em *Apis mellifera*. *Revista Ceres*, v. 41, n. 295, p. 307-315, 2004.

CATANDU, A. G.; MENEZES, F. A. B. Aproveitamento da farinha de polpa de caju e do feno da rama da mandioca na alimentação de ovinos na época seca. Fortaleza, EPACE, *Boletim de Pesquisa*, 5n., 16, 1989, 20p.

CAVALCANTE, V. M.; CRUZ-LANDIM, C. Electroporetic protein pattern and acid phosphatase activity in the midgut extracts of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera:Apidae) during metamorphosis. *Neotropical Entomology*, v. 33, n. 2, p. 169-172, 2004.

CEPRO (Piauí:Brasil). *Atlas: estudo do Piauí*. Rio de Janeiro: CEPRO / IBGE, 1990, 26p.

CEPRO (Piauí:Brasil). *Perfil dos municípios piauienses*. Teresina: CEPRO / Governo do Estado do Piauí, 1992, 590p.

CHANG, Y. H.; KIM, J. D.; CHOI, K. S. Influence of wheat brn and vitamin C additions to the palatability of pollen suplments to honey bee. *Korean Journal of Apiculture*,v. 8, n. 2, p. 119 a 128, 1993.

CHHUNEJA, P. K.; BRAR, H. S.; GOYAL, N. P. Studies on some pollen sbtitutes fed as moist-patty to *Apis mellifera* L. colonies. 1. Preparation and consumption. *Indian bee Journal* , v. 54, n. 1-4, p. 48-57, 1992.

CINTRA, P.; MALASPINA, O.; BUENO, O.C. Toxidade de *Stryphnodendron adstringens* e *Dimorphandra mollis* (barbatimão) para operárias de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). IN CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12. 1998, Salvador, BA. *Anais...* Salvador, BA: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998, p.183.

COMÉRCIO EXTERIOR INFORME BB. *Agronegócio: agregando valor a exportação brasileira*. Banco do Brasil:Brasília, nº 35, pg 6-43. 2001.

COSTA, A.M.F., CRUZ-LANDIM, C.. Estudo do comparativo das glândulas do sistema salivar dos Apidae sociais (Hymenoptera). *Revista Brasileira de Biologia*, v.37, n.3, p.649-663, 1977.

COSTA, P.M.A. *Níveis protéicos e farelo de babaçu em rações para crescimento-engorda de suínos*. Viçosa, 1967, 60p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Rural do Estado de Minas Gerais.

COSTA, R. A. C. Glândulas hipofaringeanas. IN: CRUZ-LANDIM, C. e ABDALLA, F.C. *Glândulas exócrinas das abelhas*. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002, p.91-110.

COUTO, L.A. Nutrição de abelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12, 1998, Salvador, BA. *Anais...* Salvador, BA: Confederação Brasileira de Apicultura, 1998, p. 92-95.

COUTO, R. H. N. *Produção de alimento e cria em colméias de Apis mellifera infestadas com o ácaro Varroa jacobsonii em regiões canavieiras*. Jaboticabal (SP). 1991. 131p. Tese (Livre Docência em Apicultura). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP.

CRAILSHEIM, K. Intestinal transport of sugars in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. v. 34, n.9, p.839-845, 1988a.

CRAILSHEIM, K. Regulation of food passage in the intestine of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. v. 34, n. 2, p. 85-90, 1988b.

CRAILSHEIM, K. The protein balance of the honey bee worker. *Apidologie*, n. 21, p. 417-429, 1990.

CRAILSHEIM, K. Transport of leucine in the alimentary canal of the honeybee (*Apis mellifera* L.) and its dependence of season. *Journal of Insect Physiology*. v.34, n.12, p.1093-1100, 1988c.

CRAILSHEIM, K.; HARASSING, N.; LORENZ, W.; LASS, A. Protein consumption and distribution in honeybee colony (*Apis mellifera carnica* Pollm). *Apidologie*. V. 24, n. 5, p. 509-511, 1993 a.

CRAILSHEIM, K.; HRASSNIGG, N.; GMEINBAUER, R.; SZOLDERITS, L.H.W; SCHEIDER, L.H.W.; BROSCHE, R. Pollen utilization in non-breeding honeybees in winter. *Journal of Insect Physiology*. v.39, n.5, p.396-373, 1993 b.

CRAILSHEIM, K.; LEONHARD, B. Amino acids in honeybee worker haemolymph. *Amino Acids*. v.13, n.2, p.141-153, 1997.

CRAILSHEIM, K.; SCHEIDER, L.H.W; HRASSNIGG, N.; BÜHLMANN, U.; BROSCHE, R.; GMEINBAUER, R.; SCHÖFFMANN, B. Pollen consumption and utilization worker honeybees (*Apis mellifera carnica*): Dependence on individual age and function. *Journal of Insect Physiology*. v.38, n.6, p.409-419, 1992.

CRAILSHEIM, K.; STOLBERG, E. Influence of diet, age, and colony condition upon intestinal proteolytic activity and size of the hypopharyngeal glands in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, v. 35, n. 8, p. 595-602, 1989.

CRANE, E. *O livro do mel*. São Paulo: Nobel, 2ª ed. 1987, 226p.

CREMONEZ, T.M. *Avaliação de métodos para determinação da eficiência de dietas protéicas em abelhas Apis mellifera*. Ribeirão Preto, 1996, 103p. Dissertação

(Mestrado em Entomologia). Faculdade de Filosofia Ciências e Letras – Universidade de São Paulo.

CREMONEZ, T.M. *Influência da nutrição sobre aspectos da fisiologia e nutrição de abelhas Apis mellifera*. Ribeirão Preto, 2001, 87p. Tese (Doutorado em Entomologia). Faculdade de Filosofia Ciências e Letras – Universidade de São Paulo.

CREMONEZ, T.M.; DE JONG D.; BITONDI, M.M.G. Quantification of hemolymph proteins as a fast method for testing preprotein diets for honey bees (*Hymenoptera: Apidae*). *Apiculture and Social Insects*, v.91, n.6, p.1284-1289, 1998.

CRUZ-LANDIM, C. Avaliação fotográfica da digestão do pólen presente no intestino de operárias de *Apis mellifera* L. (HYMENOPTERA, APIDAE). *Naturália*, v. 10, p. 27-36, 1985.

DADD, R.H. Insect nutrition: current development and metabolic implications. *Annual Review of Entomology*, n. 18, p. 381-420, 1973.

DADE, H.A. *Anatomy and dissection of the honeybee*. Oxford:IBRA, 1962. 153p.

DIETZ, A. Nutrition of the adult honey bee. IN: Dadant & Sons (org.). *The hive and the honey bee*. Hamilton, Illions. p.125-156. 1975.

DOBSON, H. E. M.; PENG, Y. S. Digestion of pollen components by larve of the flower-specialist bee *Chelostoma florissomne* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Insect Physiolog*, v. 43, n.1, p. 89-100, 1995.

DOOLITTLE, G.M; Mr. G.M.. Doolittle's queen rearing methods. *American Bee Journal*, v.39, n.28, p.435-436, 1899.

DOULL, K.M. Pollen supplement, III, Making effective use of supplementry feeding. *American Bee Journal*, v.155, n.4, p.88-89, 1975.

DOULL, K.M.. Relationships Between consumption of a pollen supplement, honey production and a broodrearing in colonies of honeybees *Apis mellifera* L. I. *Apidologie*, v.11, n.4, p.361-365, 1980a.

DOULL, K.M.. Relationships Between consumption of a pollen supplement, honey production and a broodrearing in colonies of honeybees *Apis mellifera* L. II. *Apidologie*, v.11, n.4, p.367-374, 1980b.

DRELLER, C.; TARPY, D.R. Perception of the pollen need by foragers in a honeybee colony. *Animal Behaviour*. n. 59, p. 91-96, 2000.

DURÁN, J.T. et al. Produção de cera branca numa época de não fluxo nectário. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. p. 371.

ELBASSIOUNY, A. M.; EL-BANBY, M. A.; GOMAA, A. A.; HAMED, N. M. Longevities of honey bee workers during performing different activities. *Annals of Agricultural Science Cairo*, v. 44, n. 1, p. 425-431, 1999.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. 3 ed. 1989.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Energy and protein requirement*. FAO/WHO/UNU Expert Consultation. 1991, disponível em: www.fao.org/DOCREP/003/AA040E/AA040E00.htm. Consultado em 29/11/2004.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Fao Statistical Database*. <http://apps.fao.org/inicio.htm> consultado em 10/06/2003

FERNANDES-DA-SILVA, P. G.; SERRÃO, J. E. Nutritive value and apparent digestibility of bee-collected and bee-stored pollen in the stingless bee *Scaptotrigona postica* Latr. (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Apidologie*, v. 31, n. 1, p. 39-45, 2000.

FERREIRA, C.; TORRES, B.B.; TERRA, W.R. Substrate specificities of midgut β -glycosidases from insect of different orders. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, v. 119B, n. 1, p. 219-225, 1998.

FIGUEREDO, V.L.C; CREMONEZ, T.M.; BEZERRA-LAURE, M.A.F, AGUIAR L.R.; SIMÕES, Z.L.P.; BITONDI, M.M.G. Estimativa do nível de proteína de rainhas africanizadas alimentadas com diferentes dietas. IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3, 1998 Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p. 268.

FREE, J.B. *A organização social das abelhas (Apis)*. EPV: Edunesp. n.13. 79p. 1980.

FREE, J.B. *Pheromones of social bees*. Chapman and Hall Ltda: London, 1987, 218p. il.

FUNARI, S. R. C., ROCHA, H. C.; SFORCIN, J. M, CURI, P. R.; PEROSA, J. M. Y. Coleta de pólen e produção de mel e própolis em colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.). *B. Industr. Anim.*, v.55, n.2, p. 189-193, 1998b.

FUNARI, S.R.C., ROCHA, H.C.; SFORCIN, J.M. Composição bromatológica de pupas e coleta de pólen em colônias de abelhas africanizadas *Apis mellifera* L. IN: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. *Anais...* 1998. Disponível em <http://www.sbz.org.br/scripts/anais>1998a. Acesso em 12.07/2003.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L; BATISTA; G.C; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D. *Manual de entomologia agrícola*. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988, 649p.: il. 24p. cor. 2ª edição.

GARCIA, R. C. *Produção de geléia real e desenvolvimento de colônias de abelhas Apis mellifera italiana e seus híbridos com africanizadas, em fecundação natural e instrumental*. Jaboticabal (SP). 1992. 257p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP.

GARCIA, R. C.; COUTO, L. A.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; JUNQUEIRA, O. M. Níveis de proteína, lisina e metionina em rações para colméias de *Apis mellifera* infestadas com *Varroa jacobsonii*. *Ars Veterinari*, v. 2. N.1, p. 147-141, 1986.

GARCIA-ALMOEDO, L.H.; ALMEIDA-MURADIAN, L.B. Determinação de piridoxina (vitamina B₆) em geléia real por cromatografia líquida de alta eficiência. *Mensagem Doce*, São Paulo, n.55, 2000. Disponível em <http://apacame.org.br/mensagemdoce/55/amoedo.htm>. Última atualização março de 2000. Acessado em 05.06.2004.

GILLIAM, M. Micorbiology of pollen and bee bread: The yeasts. *Apidologie*, v.10. n.1, p. 43-53, 1979.

GMEINBAUER R.; CRAILSHEIM, K. Glucose utilization during flight of honeybee (*Apis mellifera* L.) workers, drones and queens. *Journal of Insect Physiologi*. v. 39, n.11, p.959-967, 1993.

GRACIOLI, L.F., SILVA DE MORAES, R.L.M.; CRUZ-LANDIM, C. Electrophoretical studies on protein of hypopharyngeal glands os aged *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) workers induced to return to brood-feeding activity. *Naturalia*, v. 24, p. 9-17. 1999.

GRAGAN, D.E.; HUNT, J.H. Pollen proteases: their potential role in insect digestion. *Insect Biochemistry*, v. 9, n. 3, p. 309-313, 1979.

GRAHAM, D.; SMYDZUK, J. Use of anthrone in the quantitative determination of hexose phosphates. *Analytical Biochemistry*. v. 11, p. 246-255. 1965.

GUIDUGLI, K. R.; BITONDI, M. M. G.; SIMÕES, Z. L. P. Quantificação do mRNA para vitelogenina em rainhas e operárias de *Apis mellifera*. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 5, 2000, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 2000, p. 314.

GUIDUGLI, K. R.; LOURENÇO, A. P.; ZUFELATO, C. R. E.; SIMÕES, Z. L. P.; BITONDI, M. M. G. Neuromônios, proteínas da hemolinfa e desenvolvimento de ovários de operárias órfãs de *Apis mellifera*. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3, 1998, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p. 270.

HAYDAK, M.H. Broad rearing by honeybees confined to a pure carbohydrate diet. *Journal of Economic Entomology*, v.28, n.4, p. 657-660, 1935.

HAYDAK, M.H. Honey bee nutrition. *Annual Review of Entomology* n.15, p. 143-156, 1970.

HAYDAK, M.H. Larval food and development of castes in the honeybee. *Journal of Economic Entomology*, v. 36, n.5, p. 778-791, 1943.

HAYDAK, M.H. Value of foods other than pollen in nutrition of the honeybee. *Journal of Economic Entomology*, v.20, n.5, p. 870-877, 1936.

HAYDAK, M.H. Value of pollen substitutes for brood rearing of honeybees. *Journal of Economic Entomology*, v.38, n.4, p. 484-487, 1945.

HAYDAK, M.H.. The changes in the vitamin content royal jelly produced by nurse bees of various age in confinement. *Bee World*. v.42, n.3, p. 57-59, 1961.

HAYDAK, M.H.. Vitamin content of royal jelly from honeybees colonies fed normal diet and from those fed pollen substitutes. *Annals of the Entomological Society of America*, v.53, n.5, p.695, 1960.

HERBERT Jr., W.E.; SHIMANUKI, H; CARON, D. Efect of thiamine or riboflavin-deficiente diet fed to new emerged honey bees *Apis mellifera*. *Apidologie*, v.9, n.4, p. 341-348, 1978.

HERBERT Jr., W.E.; SHIMANUKI, H; CARON, D. Optimum proteins levels required by honey bees (*Hymenoptera, Apidae*) to initiate and maintain brood rearing. *Apidologie*, v.8, n.2, p. 141-146, 1977.

HERBERT Jr., W.E.; SHIMANUKI, H. Effect of population density and available diet on the rate of brood rearing by honey bees offered a pollen substitute. *Apidologie*, v.13, n.1, p. 21-28, 1982.

HORR, B.Z. Salt – an important dietary supplement in honey bee nutrition?. *American Bee Journal* v.138, n.9, p.662, 1998.

HRASSNIGG, N.; CRAILSHEIM, K. The influence of brood on the pollen consumption of workers bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. v.44, n.5/6 p. 393-404, 1998.

HRASSNIGG, N.; LEONHARD, B.; CRAILSHEIM, K. Free amino acids in the haemolymph of honey bee queens (*Apis mellifera* L.). *Amino Acids*. v. 24, n.1-2, p.205-212, 2003.

JARRET, H. W.; COOKSY, K. D.; ELLIS, B.; ANDERSON, J. M. The separation of o-phthalaldehyde derivatives of amino acids by reversed-phase chromatography on octylsilica columns. *Analytical Biochemistry*, v. 153, p. 189-198. 1986.

JAY, S.C.. Development of honeybee in their cells. *Journal of Apiculture Research*, v.2, n.2, p.117-134,1963.

JEAN-PROST, P. *Apicultura conocimiento de la abeja, manejo de la colmena*. Ediciones: Mundi-Prensa, 1981, 551p.

JONES, G.D; JONES, S.D. The uses of pollen and its implication for entomology. *Neotropical Entomology* v.30, n.3, p.341-350, 2001.

KALEV, H.; DAG, A.; SHAFIR, S. Feeding pollen supplements to honey bee colonies during pollination of sweet pepper in enclousers. *American Bee Journal*, v. 142, n. 9, p. 675-679, 2002.

KEIM, C.N.; CRUZ-LANDIM, C.; CARNEIRO, F.G.; FARINA, M. Ferritin in iron containing granules from the body of the honeybees *Apis mellifera* and *Scaptotrigona postica*. *Micron*. v. 33, p. 53-59, 2002.

KERR, W.E; AMARAL, E. *Apicultura científico e prática*. Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, Diretoria de Publicações Agrícola. 1960, 148p.

KIM, Y.S.; SMITH, B. H. Effect of na amino acid on feeding preferences and learning behaviorin the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*, v. 46 p. 793-801, 2000.

KROL, A. Effect of dietary vitamin B₁ on the condition and development of honey bees. *Pszczelnicze Zeszyty Naukowe*, n. 37, p. 11-21 1993.

KROYER, G.; HEGEDUS, N. Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, n. 2, p. 171-174, 2000.

KUHNHOZL, S.; SEELEY, T.D. The control of water collection in honey bee colonies. *Behaviors Ecology and Sociobiology*. V. 41, n. 6, p. 407-422, 1997.

LAJOLO, F. M.; TIRAPEGUI, J. Proteínas e aminoácidos. IN: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J.E.; MARCHINI, J.S. *Ciências Nutricionais*. São Paulo: SAVIER, 1998, p. 41-69

LANGUIDEY, P.H.; CARVALHO FILHO, O.M. Efeito da associação milho + feno de leucena no desempenho produtivo de vacas em lactação. Aracaju, Embrapa-CNPCo. *Comunicado Técnico*, n. 44, 1993, 7p.

LENGLER, S. Alimentação das abelhas. *Mensagem Doce*, São Paulo, n.50, p.13-17, 1999.

LENGLER, S. Alimentação das abelhas. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. *Anais...*, SC, 2000, 45 par. CD-ROM. Seção Conferências.

LENGLER, S.; ALVES, E. M.; KIEFER, C.; CASTAGNINO, G. L. B., Efeitos da alimentação energética, açúcar invertido e energético-protéica, açúcares e farinha láctea, no desenvolvimento e produção de mel em núcleos de abelhas africanizadas. *Mensagem Doce*, São Paulo, n.55, 2000b. Disponível em <http://apacame.org.br/mensagemdoce/55/lengler.htm>. Última atualização março de 2000. Acessado em 30.06.2004.

LENGLER, S.; ALVES, E. M.; LENGELER, C. B.; BATIST, I. M. Efeito da suplementação energético-protéica e levedura seca de cana-de-açúcar no desenvolvimento de núcleos de abelhas africanizadas IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14, 2002, Mato Grosso do Sul. *Anais...*, MS, 2002, p. 113.

LENGLER, S.; ALVES, E.M.; KIEFER, C.; CASTAGNINO, G.L.B. Avaliação do efeito do Terneron e farinha lactea na suplementação energético protéica de abelhas melíferas. IN: SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5 e ENCONTRO DE APICULTORES DO MERCUSUL, 1. 2000, São Borja, RS. *Anais...*, RS, 2000a, p. 155-160.

LEGLER, S.; CHARÃO, L.; KIEFER, C.; ALVES, E. M. Efeito de diferentes fontes protéicas no desenvolvimento intrínseco e produção de mel em colônias de abelhas. IN: SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5 e ENCONTRO DE APICULTORES DO MERCUSUL, 1. 2000, São Borja, RS. *Anais...*, RS, 2000c, p. 139-146.

LEGLER, S.; KRÜGER, G. S.; ALVES, E. M.; KIEFER, C. Efeito dos diferentes tipos de suplementação alimentar para produção de pólen. IN: SEMINÁRIO ESTADUAL DE APICULTURA, 5 e ENCONTRO DE APICULTORES DO MERCUSUL, 1. 2000, São Borja, RS. *Anais...*, RS, 2000d, p. 161-172.

LEONHARD, B.; CRAISHEIM, K., Amino acids and osmolarity in honeybee drone haemolymph. *Amino Acids*, v. 17, n. 2, p. 195-205, 1999.

LERCKER, G.; SAVIOLI, S.; VECCHI, M.A.; SABATINI, A.G.; NANETTI, A.; PIANA, L., Carbohydrate determination of royal jelly by high resolution gas chromatography (HRGC). *Food Chemistry*, v. 19, n. 4, p. 255-264, 1986.

LETA, M. A.; GILBERT, C.; MORSE, R. A. Levels of hemolymph sugars and body glycogen of honeybees (*Apis mellifera* L.) from colonies preparing to swarm. *Journal of Insect physiology*. vol. 42, n. 3, p. 239-245, 1996.

LIN, H. R.; WINSTON, M. L. The role of nutrition and temperature in the ovarian development of the worker honey bee (*Apis mellifera*). *Canadian Entomologist*, v.130, n. 6, p. 883-891, 1998.

LOIDL, A.; CRAISHEIM, K. Free fatty acids digested from pollen and triolein in the honeybee (*Apis mellifera carnica* Pollmann) midgut. *Journal of Comparative Physiology B, Biochemical, Systemic and Environmental Physiology*, v. 171, n. 4, p. 313-319, 2001.

LOPES, D. L. A; MELLO, A. J. P.; ALVES, E. M.; TOLEDO, V. A. A.; FURLAN, A. C.; ROVOLO-TAKASUSUKI, Sunflower oil levels included in ration for africanized honeybees (*Apis mellifera*) submitted to the royal jelly production. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TROPICAL BEES, 8, e ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 6, 2004, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 2004, p. 593. CD-ROM.

MACAHADO, J.O.; CAMARGO, J.M.F. Alimentação em *Apis* e composição da geléia real, mel e pólen. IN: Camargo, J.M.F. (org.) *Manual de Apicultura*. São Paulo: CERES, 1972, p. 117-142.

MALASPINA, O.; CINTRA, P.; BUENO, O.C., Néctar e pólen tóxicos para As abelhas. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15, 2004, Natal. *Anais...* Natal, RN, 2004, 26 par. CD-ROM. Seção Conferências.2004.

MALDONADO, A. O. *Alimentacion y Suplementacion*. Disponível em http://www.apicultura.com/articles/alimentacion_suplementacion.htm. Acessado em 06/09/99. Última atualização em 21/05/1999.

MARCAGGI, P.; COLES, J.A. Ammonium in nervus tissue: transport across cell membranes, fluxes from neurons to glial cells, and role in signaling. *Progress in Neurobiology*, n. 64, p. 157-183, 2001.

MARCHINI,L.C., SILVA,V.C.S.; SIMÕES, F.L. Consumo de alimento x produção por *Apis mellifera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996, p. 374.

McCAUGHEY, W.F. Amino acids and protein adequacy for honey bees of pollens from desert plants and other floral sources. *Apidologie*, v.11, n.1, p. 75-86, 1980.

McCLELLAN, J.A.; OTTAWAY, J.H. Acetoacetato activation in muscle and the nucleotide specificity os succinyl thiokinase. *Journal of Comaprative Phisiology B, Biochemical, Systemic and Enviromental Physiology*, v. 67, n. 4, p. 679-684, 1980.

MELLO, A. L.; PEREIRA, F. M. Relatório parcial das ações/atividades desenvolvidas convênio de cooperação técnica e financeira entre a Feapi – Fida Mercosur. Relatório, 2004, 61 p.

MELLO, J.G. *Avaliação bioquímica e nutricional da proteína da farinha desengordurada da amêndoa de babaçu*. Campinas, 1983, 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícolas. Universidade Estadual de Campinas.

MENDES, C. T.; PEIXOTO, P. M. V; SILVA, M. F. R; OLIVEIRA, R. C.; ESPINDOLA, F. S.; ESPREAFICO, E. M. Motores moleculares no cérebro das abelhas. *Biologia Ciência & Desenvolvimento*, n. 22, p. 60-63, 2001.

MICHEU, S, CRAILSHEIM K., LEONHARD, B. Importance of proline and other amino acids during honeybee flight (*Apis mellifera carnica* POLLMANN). *Amino Acids*, v. 18. n. 2. p. 157-175. 2000.

MINIERI, L., CHIARAMELLO, S., BUONO, L.. La gelatina reale: provennienza, proprietá, utilizzazione. *Acta Medica Veterinaria*, n.23, p.265-289, 1977.

MOELLER, F. E. The effect of population density on the maintenance of cluster temperatures by the honeybee *Apis mellifera*. *American Bee Journal*, v. 98, n. 10, p. 401-402, 1958.

MOORE, S.; STEIN, W. H. Photometric ninhydrin method for use in the chromatography of amino acids. *Journal of Biological Chemistry*. v. 176, p. 367-388. 1948.

MORAES, F. C. Y.; NOGUEIRA-COUTO, R. H. Utilização de fontes protéicas alternativas visando produção de geléia real em colméias de *Apis mellifera*, *Ecosistema*, v. 25, n. 2, p. 184-187, 2000.

MORAES, R.L.M.S. Glândulas salivares do adulto. IN: CRUZ-LANDIM, C.; ABDALLA, F.C. *Glândulas exócrinas das abelhas*. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002, p.51-70.

MORAES, R.L.M.S., CRUZ-LANDIM, C. Evolução do conteúdo de DNA e superfície nuclear nas glândulas hipofaríngeas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Naturalia*, São Paulo, n.8, p.177-183, 1983.

MORAES, R.L.M.S., CRUZ-LANDIM, C.. Influência da densidade populacional no comportamento dos núcleos das glândulas hipofaríngeas de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Naturalia*, São Paulo, n.9, p.27-33, 1984.

MORTIZ, B.; CRAILSHEIM, K. Physiology of protein digestion in the midgut of the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*. v.33, n.12, p.923-931, 1987.

NABORS, R.A. Using mixtures of different sugars to feed bees. *American Bee Journal* v. 135, n.11, p. 785-786, 1996.

NASCIMENTO, M. P. S. C. B.; OLIVEIRA, M. E. A.; NASCIMENTO, H. T. S.; CARVALHO, J. H.; ALCOFORADO FILHO, F. G.; SANTANA, C. M. M. *Forrageira da bacia do Paraba usos e composição química*. Teresina: Embrapa, Recife: Associação Plantas do Nordeste, 1996. 86 p.

NASSEL, D.R. Histamine is the brain of insects: A review. *Microscopy Research and Technique*, v. 44, n. 2-3, p. 121-136, 1999.

NEUMAIER, R. et al. Efeito da alimentação suplementar no desenvolvimento de núcleos de abelhas africanizadas na entressafra. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 2, 1996, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1996, p. 297.

NICHOL, H.; LAW, J.H.; WINZERLING, J., Iron metabolism in insects. *Ann. Ver. Entomol.*n. 47, p. 535-559, 2002.

NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. A. *Apicultura: Manejo e produtos*. Jaboticabal: FUNEP, 154 p. il, 1996.

NÚÑEZ, J. L. Estudio cuantitativo del comportamiento de *Apis mellifera ligustica* Spinola, y *Apis melífera adanonii* Latreille. Factores energéticos y informacionales condicionantes y estrategia Del trabajo recolector. *Ciência e Cultura*, v. 26, n. 8, p. 786-797, 1974.

ODOUL, P. A.; FELKER, P.; MCKINLEY C. R.; MEIER, C. E. Variation among selected *Prosopis* families for pod sugar and pod proteins contents. *Forest Ecology and Manegement*, n. 16, p. 423-431, 1986.

OLIVEIRA, J.E. dos S.; SOUZA, D.C. Farinha de jatobá (*Hymenaea courbaril* Linn.) uma alternativa para alimentação das abelhas no semi-árido nordestino. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996, p. 372.

ORTH, A.I.; MARTINS, M. Mel de melato: um grande potencial para a Apicultura de exportação do sul do Brasil. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15, 2004, Natal. *Anais...* Natal, RN, 2004, 42 par. CD-ROM. Seção Conferências. 2004.

PANKIW, T.; RININK, W.L. Pollen foraging response to brood pheromone by africanized and europen honey bees (*Apis mellifera* L.). *Annals of the Entomological Society of America*, v.95, n.6, p. 761-767, 2002.

PANZENBOCK, U.; CRAILSHEIM, K. Glycogen in honeybee queenas, workers and drones (*Apis mellifar carnica* Pollm.). *Journal of Insect Physiologi*, v. 43, n. 2, p. 155-165, 1997.

PARRA, J.R.P. Consumo e utilização de alimentos por insetos. IN: Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Ed. Manole: CNPq. 1986, p. 9-65.

PENTEADO, M. V. C.; FLORES, C. I. B. Folhas da mandioca como fonte de nutrientes. IN: Cereda, M. P. (coord.) *Culturas de tuberosas amiláceas latino americana. Volume 4 – manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca*. São Paulo: Fundação Cargil, SP, 2000. Disponível em: www/raizes-ong.org.br/portugues/indexpor.htm.

PEPE, I. M.; CUGNOLI, C. Isolation and characterization of water-soluble photopigment from honeybee compound eye. *Vision Research*, v. 20, n. 2, p. 97-99, 1980.

PEREIRA, F. M. Alimentação das colméias. IN: Seminário Piauiense de Apicultura, V, 1997, Teresina, *Anais...* Teresina: BN/FEAPI/Embrapa Meio-Norte, 1997 p. 21-26.

PEREIRA, F. M. Apicultura Básica. IN: Seminário Piauiense de Apicultura, VII, 2000. Floriano, *Anais...* Floriano: Sebrae/CEFAS/Prefeitura Municipal, 2000 p. 24-28.

PEREIRA, F. M. Gargalos tecnológicos. IN: Vilela, S. L. O.; Pereira, F. M. *Cadeia Produtiva do mel no estado do Rio Grande do Norte*. Natal: SEBRAE-RN; Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 66-92, 2002.

PEREIRA, F. M.; VILELA, S. L. O. *Cadeia Produtiva do mel no estado de Alagoas*.

PEREIRA, F.M. *Estudo de fatores relacionados à produção de geléia real em colméias de Apis mellifera selecionadas para produção de mel*. Jaboticabal (SP). 1996. 162p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP.

PEREIRA, F.M; GONÇALVES, J.C.; OLIVIERA, L.A.; SILVA, A.F.; LOPES, J.J.; ALCOFORADO FILHO, F.G. Gargalos tecnológicos. IN: Vilela, S.L.O.; Alcoforado Filho, F.G. (org) *Cadeia Produtiva do mel no estado do Piauí*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 30-47, 2000.

PERNAL, S.F.; CURRIE, R. W. The influence of pollen quality on foraging behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.). *Behav. Ecol. Sociobiol.*, n. 51, p. 53-69, 2001.

PESANTE, D.G. et al. Honey production in Venezuela: Effects of feeding sugar syrup on colony weight gains by africanized and europeans colonies. *Apidologie*, v.23. n. 6, p. 545-552, 1992.

PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental*. ed. Nobel S/A, Piracicaba S.P. 467 p. 1987.

PINTO, L.Z., BITONDI, M.M.G.; SIMÕES, Z.L.P. Inhibition of vitellogenin synthesis in *Apis mellifera* workers by a juvenile hormone analouge, pyriproxyfen. *Journal of Insect Physiology*. v. 46, p. 153-160. 1999.

RAAD, R.S. *Alimentação dos enxames com uso de ração protéica seca Coapivac e líquida estimulante*. Coapivac, Rio de Janeiro, Relatório Técnico, 2002.

RÊGO, J.G.S; SOUZA, R.F.; GONÇALVES, J.C.; PEREIRA, F.M. Avaliação de diferentes tipos de alimentos para abelhas africanizadas (*Apis mellifera*). IN: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1, 1998. *Anexos...* Fortaleza: SNPA, v. 1, p. 11, 1998.

REMBOLD, H. Caste differentiation of the honeybee. Fourteen years of biochemical research at Martinsried. *Chem. and Biol. Soc. Insects, Verlag J. Peperny*, München, 1987.

REMBOLD, H. Royal jelly. In: *Queen rearing - Biological basis and technical instruction*. F. Ruttner Apimondia Verlag. Bucharest 35-41. 1983.

RIBEIRO FILHO, F. C. Alternativas para alimentação na entressafra. IN: Seminário Piauiense de Apicultura, VI, 1999, São Raimundo Nonato, *Anais...* São Raimundo Nonato: BN/FEAPI/SEBRAE/Embrapa Meio-Norte/Prefeitura de São Raimundo Nonato/SEABB, 1999, p. 37-43.

RINDERER, T.E.; ELLIOTT, K.D. Worker honey bee response to infection with *Nosema apis* influence of diet. *Journal of Economic Entomology*, v.70, n.4, p. 432-433, 1977.

ROCES, F.; BLATT, J. Haemolymph sugars and the control of the proventriculus in the honey bee *Apis mellifera*. *Journal of Insect Physiology*. v.45. p. 221-229, 1999.

RODRIGUES, A.S.; SOUZA, D.L.; MENDONÇA, G.A. Desempenho de colméias de abelhas africanizadas na época de escassez de alimentos em Paranacirim-RN. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 15, 2004, Rio Grande do Norte. *Anais...* 1 par. CD-ROM. Seção Resumos

ROGERS, R.E.L. Choose carbohydrates carefully for your bees. *American Bee Journal*, v. 135, n. 11, p. 742, 1995.

ROUBIK, D.W. *Ecology and natural history of tropical bee*. Cambridge Tropical Biology Series. 1989. 514 p.

SALLES, H.C.; GRACIOLI, L.F. Glândulas mandibulares e intermandibulares. IN: CRUZ-LANDIM, C.; ABDALLA, F.C. *Glândulas exócrinas das abelhas*. Ribeirão Preto: FUNPEC-RP, 2002, p.71-90.

SALOMÉ, L.G.; SALOMÉ, J.A.; ORTH, A.I. Alimentação artificial energética em *Apis*: Implicação para a apicultura catarinense. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. *Anais...*, SC, 2000, 1 par. CD-ROM. Seção Resumos.

SALVIANO, L.M.C. Leucena: fonte de proteínas para os rebanhos. Petrolina, Embrapa-CPATSA. *Circular Técnica*, n. 11, 1984, 16p.

SANFORD, M.T. Protein Management: The Other Side of the Nutritional Coin in Apiculture. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 11, 1996, Teresina, PI. *Anais...* Teresina, PI: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996, p. 51-57.

SCHMARANZER, S. Thermoregulation of water collecting honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, n.46, p. 1187-1194, 2000.

SCHMIDT, J. O.; BUCHMAN, S. L. Pollen digestion and nitrogen utilization by *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Comp. Biochem. Physiol.*, v. 82 A, n. 3, p. 499-503, 1985.

SCHMIDT, J. O.; BUCHMAN, S. L.; GLAIM, M. The nutritional value of *Typha latifolia* pollen for bees. *Journal of Apiculture Research*, v. 8, n. 3, p. 155-165, 1989.

SERRÃO, J.E.; CRUZ-LANDIM, C. O intestino médio das abelhas – comparação morfológica em operárias de diferentes fases do desenvolvimento e idades. IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 3, 1998, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1998, p. 128-133.

SEVERSON, D.W.; ERICKSON Jr. E.H. Honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) colony performance in relation to supplemental carbohydrates. *Journal of Economic Entomology*, v.77, n.6, p. 1473-1478, 1984.

SHARMA, H.K.; GUPTA, J.K. Sensational variation in color, weight and crude protein content of pollen loads of hive bees. *Indian Bee Journal*, v. 58, n. 3, p. 125-128. 1996.

SHOREIT, M. N.; HUSSEIN, M. H. Field tests with some protein supplements for feeding bees at Assuit Governorate. *Egyptian Journal of Applied Science*, v. 8, n. 6, p. 366-375, 1993.

SHUEL, R.W. The production of nectar. IN: Dadant & Sons (org.), *The hive and the honey bee*. Hamilton, Illinois. p.265-278, 1975.

SILVA, D.J. *Análise de alimento: Métodos químicos e biológicos*. Viçosa, UFV, Impri. Univ., 166 p. 1981.

SILVA, F.T.A. Comparação entre pasta de soja (*Glycine max*) e pasta de jatobá (*Hymenaeae* spp) como alimentação suplementar para *Apis mellifera*. Teresina, 1997, 16p. Universidade Federal do Piauí. (Trabalho de Conclusão de Curso).

SILVA, R. H. D.; FREITAS, B. M. Produção e desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) a partir de diferentes áreas e idades de cria. *Ciência Rural*, v. 34, n. 2, p. 545-549, 2004.

SINGH, R. P.; SINGH, P. N. Amino acid and lipid spectra of larvae of honey bee (*Apis cerana* Fabr) feeding on mustard pollen. *Apidologie*, n.27, p. 21-28, 1996.

SMITH, M. T. V. Queen differentiation and the biological testing of royal jelly. *Memoir 356*. Agric. Exper. Station, Cornell University, New York State, College Agric. Ithaca, N.Y., 1959.

SNODGRASS, R. E. The anatomy of the honey bee. IN: DADANT & SONS, org. *The hive and the honey bee*. Hamilton, Illions. p.75-124, 1975.

SNODGRASS, R. E. The anatomy of the honey bee. Nova Iorque: Ithaca, 1953. xv+334p. il.

SOUSA, C. A. F.; SODEK, L. Metabolic changes in soybean plants in response to waterlogging in the presence of nitrate. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v. 8, n. 1, p. 97-104. 2002.

SOUSA, R. M.; FREITAS, B. M.; ATAÚJO, Z. B.; SOARES, A.E.E. Variações na população silvestre da abelha africanizada (*Apis mellifera* L.) na caatinga. . IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 4, 2000, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 2000, p.295.

SOUTHWICK, E. E. Metabolic energy of intact honey bee colonies. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, v. 71, n. 8, p. 277-281, 1982.

SOUZA, D. C.; SOARES, A. E. E.; MELO, R. S. Desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) em uma área de transição da caatinga-cerrado no Piauí. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14, 2002, Mato Grosso do Sul. *Anais...*, MS, 2002, p. 41.

SOUZA, E. C. G. et al. Síntese e caracterização nutricional de plastina obtida da proteína da folha de mandioca, da soja e do soro de queijo. *Revista Ceres*, v. 9, n. 20, 2000.

STABENTHEIRNER, A.; VOLLMANN, J.; KOVAC, H.; CRAILSHEIM, K. Oxygen consumption and body temperature of active and resting honeybees. *Journal of Insect Physiology*, n. 49, p. 881-889, 2003.

STACE, P. *Protein content and amino profiles of honeybee-collected pollens*. Australia 1996. [Http://www.honeybee.com.au](http://www.honeybee.com.au).

STACE, P.; HAYTER, J. Palatability of five protein feedstuffs by honey bees (*Apis mellifera*). *Australian Beekeeper*, v. 96, n. 1, p. 23 a 25, 1994.

STACE, P.; WHITE, E. The use of iso-leucine as a supplement feed for honey bees (*Apis mellifera*) in Australia. *Australasian Beekeeper*, v.96, n.4, p. 159-161 e 164-166, 1994.

STANDIFER, L. N. *Honey bee nutrition*. Beekeeping in the United State. U.S. Dep. Agr. Handbook, v.335, 147p. 1967.

STANDIFER, L. N.; MOELLER, F. E.; KAUFFELD, N. M.; HERBERT Jr., E. W.; SHIMANUKI, H. *Supplemental feeding of honey bee colonies*. United States Department of Agriculture. Agriculture Information Bulletin, n. 413, 1977, 8p. II.

SUZUKI, E. H.; MALASPINA, O.; PALMA, M. S.; FOWLER, H. G.; GOBBI, N. Aceitabilidade relativa de carboidratos por operárias de abelhas africanizadas. IN: ENCONTRO BRASILEIRO SOBRE BIOLOGIA DE ABELHAS E OUTROS INSETOS SOCIAIS, 1992. *Naturalia*, 1992 p. 252.

SVOBODA, J. A.; THOMPSON, M. J.; HERBERT JUNIOR, E. W. SHIMANUKI, H. Sterol and utilization in honey bees fed a synthetic diet: Analysis of prepupal sterols. *Journal of Insect Physiology*. v.26, n.5, p.291-294, 1980.

SYLVESTER, H. A. Honey bees: response to galactose and lactose incorporated into sucrose syrup. *Journal of Economic Entomology* n. 72, p. 81-82, 1979.

SZMYAS, B.; WILKANIEC, Z.; WOJTOWSKI, F. Utilization of protein feeds in nutrition of honey bees. *Wykorzystanie pasz Białkowych w Żywieniu Szczół Miodnych*, v. 119, n. 2, p. 291-295, 1996.

SZOLDERITS, M. J.; CRAILSHEIM, K. A comparison of pollen consumption and digestion in honeybee (*Apis mellifera carnica*) drones and workers. *Journal of Insect Physiology*. v.39, n.10, p.877-881, 1993.

TABER, S. Pollen and bee nutrition. *American Bee Journal* v.136, n.11, p. 787-788. 1996.

TERRA, W. R. Digestão do alimento e suas implicações na biologia dos insetos. IN: Panizzi, A. R.; Parra, J. R. P. *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Ed. Manole: CNPq. 1986, 67-99.

TOLEDO, V. A. A. *Desenvolvimento de colméias híbridas de Apis mellifera e seu comportamento de aceitação e manejo da cera*. Jaboticabal (SP). 1991. 196p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP.

TOLEDO, V. A. A.; COSTAS, F. M.; CHIARI, W. C.; ATTENCIA, V. M.; RUVOLOTAKASUSUKI, M. C. C. Correlação das áreas de cria e alimento em colônias de *Apis mellifera* africanizadas recebendo suplementação protéica com variáveis ambientais. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 14, 2002, Mato Grosso do Sul. *Anais...*, MS, 2002, p. 111.

USDA – United States Departamento of Agriculture. Food and nutrition information center – Honey. Disponível em: www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/list_nut_pl. Acessado em julho de 2004. Última atualização: março de 2004

VAN HANDEL, E. 1971. Mannose metabolism: A comparison between the honeybee and the mosquito. *Comp. Biochem. Physiol.* 38 (1B): 141-145.

VEIGA, J. B.; SIMÃO NETO, M. Leucena na alimentação animal, Embrapa-CPTU, *Recomendações Básicas*, 4p., 1992.B

VELEZ, C. E. S. *Rendimento, valor nutritivo e toxicidade de feno de leucena em ovinos*. Belo Horizonte, 1986, 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Escola de Veterinária. Universidade Federal de Minas Gerais.

VIDAL, D.; CARMO, G. F.; COSTA, J. A. Bebedouros contínuos para apicultura no semi-árido. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13, 2000, Florianópolis. *Anais...*, SC, 2000, 1 par. CD-ROM. Seção Resumos.

VILILA, S. L. O.; PEREIRA, F. M.; SILVA, A. F.; ALCOFORADO FILHO, F. G. Importância e evolução da apicultura no Piauí. IN: Vilela, S.L.O.; Alcoforado Filho, F.G. (org) *Cadeia Produtiva do mel no estado do Piauí*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, p. 13-29, 2000.

WAINSELBOIM, A. L.; FARINA, W. M. Trophallaxis in the honeybee *Apis mellifera* (L.): the interaction between flow of solution and sucrose concentration of exploited food sources. *Animal Behaviour*, n. 59, p. 1177-1185, 2000.

WALI-ur-RAHMAN; CHAUDHRY, M. I. Management studies to overcome adversities in bee culture. *Pakistan Journal of Forestry*, v. 31, n. 3, p. 130-134, 1991.

WEAVER N.; LAW, J. H.; JOHNSTON, N. C. Studies on the lipids of royal jelly. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Specialized Section on Lipids and Related Subjects*. v. 84, n. 3, p. 305-315, 1964.

WEISS, K.. Developing of female caste in the bee colony. *Queen rearing Biological basis and technical instruction*. F. Ruttener Apimondia Verlag, Bucharest, 43-62. 1983.

WIESE, H. (coord.). *Nova Apicultura*. 7 ed. Porto Alegre: Agropecuária, 493 p. il., 1986.

WILLEMER, P.; STONE, G. Temperature and water relations in desert bees. *J. therm. Biol.* V.22, n.6, p 453-465, 1997.

WINSTON, M. L. *The biology of the honey bee*. 1987. 281p.

WOLFERSBERGER, M. G. Amino acids transport in insects. *Annu. Rev. Entomolo*, n. 45, p. 111-120, 2000.

WOODRING, J.; BOULDEN, M.; DAS, S.; GÄDE, G. Studies on blood sugar homeostasis in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiologi*. v.39, n.1, p.89-97, 1993.

WOYKE, J. Increased food supply to all larvae after dequeening honey bee colonies. *Jouranl of Apiculturl Research*, v. 38, n. 3-4, p. 117-123, 1999.

ZELADA, G. L. The influence of te productivity of *Prosopis tamarugo* on livestock production in the Pampa del Tamarugal – a review. *Forest Ecology and Manegement*, n. 16, p. 15-31, 1986.

ZERBO, A. C.; MORAES, R. L. S.; BROCHETTO-BRAGA, M. R. Protein requirements in larvae and adults of *Scaptotrigona postica* (Hymenoptera: Apidae [correction of Apidia], Meliponinae): midgut proteolytic activity and pollen digestion. *Comaprative Biochemistry and Phisiology. Part B. Biochemistry & Molecular Biology*, v. 129, n. 1, p. 139-147, 2001.

ZIMMERMANN, F. I. P. Estatística applicada à pesquisa agrícola, 2004 (no prelo), 396 p.

ZOBY, J. L. F.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. Banco de proteína de leucena e estilozantes. Planaltina, Embrapa-CPAC, *Comunicado Técnico*, n. 54, 1991, 6p.

ZUCOLOTO, F. S. Aspectos gerais da nutrição de insetos, com especial referência em abelhas. IN: ENCONTRO SOBRE ABELHAS, 1, 1994, Ribeirão Preto. *Anais...* Ribeirão Preto, SP: Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto, 1994, p.27-37.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)