

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E  
COMPORTAMENTAIS EM ABELHAS AFRICANIZADAS *Apis mellifera* VIA  
ABORDAGEM BAYESIANA**

Alessandro Haiduck Padilha  
Engenheiro Agrônomo/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de  
Mestre em Zootecnia  
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Março de 2011

## CIP - Catalogação na Publicação

Padilha, Alessandro Haiduck  
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS  
PRODUTIVAS E COMPORTAMENTAIS EM ABELHAS  
AFRICANIZADAS *Apis mellifera* VIA ABORDAGEM BAYESIANA  
/ Alessandro Haiduck Padilha. -- 2011.  
82 f.

Orientador: Jaime Araujo Cobuci.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS,  
2011.

1. Parâmetros genéticos. 2. Abelha africanizada.  
3. Produção de mel e própolis. 4. Comportamento  
higiênico e *Varroa destructor*. 5. Coleta de xarope.  
I. Cobuci, Jaime Araujo, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ALESSANDRO HAIDUCK PADILHA  
Engenheiro Agrônomo

## DISSERTAÇÃO


Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

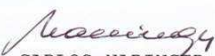
### **MESTRE EM ZOOTECNIA**


Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

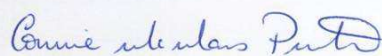
Aprovado em: 28.02.2011  
Pela Banca Examinadora

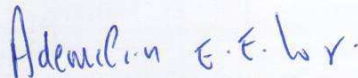
Homologado em: 06.06.2011  
Por


  
JAIME ARAUJO COBUCI  
EPG ZOOTECNIA/UFRGS  
Orientador

  
CARLOS NABINGER  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia

  
JOSÉ BRACCINI NETO  
PPG ZOOTECNIA

  
CONCEPTA MARGARET MCMANUS PIMENTEL  
PPG ZOOTECNIA/UFRGS

  
ADEMILSON ESPENCER EGEA SOARES  
USP

  
PEDRO ALBERT SELBACH  
Diretor da Faculdade de  
Agronomia

### **Dedicatória**

**A Sheila Andréia Carvalho, a moça mais linda e querida  
que tem me acompanhado nessa jornada pelo magnífico  
mundo das abelhas e da apicultura,  
dedico.**

## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer a Deus por ter criado tantas coisas maravilhosas neste mundo, em especial as abelhas melíferas, que apesar das centenas de ferroadas que levei, me proporcionaram momentos doces e de muito contentamento.

A Universidade Federal do Rio Grande do Sul por ter-me acolhido na graduação de Agronomia e nestes dois anos de mestrado, que passaram voando devido a grande quantidade de trabalho no campo e no laboratório.

Aos professores Aroni Sattler (Apicultura), Jaime Araújo Cobuci e José Braccini Neto (Melhoramento Animal) por terem acreditado que o projeto daria certo, mesmo não havendo recursos disponíveis (muitas vezes pagos do próprio bolso). Tenho de agradecer também pela amizade e incentivos, principalmente ao professor Aroni que tanto me apoiou nessa empreitada.

Ao apicultor e funcionário da EEA/UFRGS José Adair Souza, não tenho palavras para agradecer tanto esforço, dedicação, amizade e companheirismo. Se não fosse por esse grande técnico em apicultura, nada aconteceria. Às vezes trabalhamos até nos fins de semana, criando rainhas e tirando mel.

Aos meus familiares pelo amor, amizade, apoio e companheirismo. À minha namorada Sheila pelo amor, incentivo, e compreensão, mesmo quando eu passava mais tempo com abelhas na Estação Experimental e voltava cheirando a fumaça do fumigador com o nariz ou a orelha inchados. Aos meus amigos pela amizade e incentivo.

E ao CNPq pela bolsa de estudo concedida.

# PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS PRODUTIVAS E COMPORTAMENTAIS EM ABELHAS AFRICANIZADAS *Apis mellifera* VIA ABORDAGEM BAYESIANA <sup>1</sup>

Autor: Alessandro Haiduck Padilha

Orientador: Prof. Jaime Araújo Cobuci

Coorientador: Prof. Aroni Sattler

## RESUMO

O objetivo desse estudo foi estimar parâmetros genéticos para características produtivas e comportamentais em uma população de abelhas *Apis mellifera* africanizadas por meio de inferência Bayesiana. Os dados foram submetidos a análises uni e bicaracterística utilizando o programa MTGSAM. Os modelos consideraram os efeitos (fixos) de local do apiário, mês-ano ou estação-ano e o número de caixilhos com abelhas aderentes como covariável linear. As estimativas de herdabilidade apresentaram magnitudes de moderada a alta para comportamento higiênico ( $0,81 \pm 0,17$ ), produção de própolis ( $0,83 \pm 0,16$ ), produção de mel ( $0,37 \pm 0,22$ ) e taxa de coleta de xarope ( $0,39 \pm 0,22$ ) e magnitude baixa para a percentagem de ácaros em abelhas adultas ( $0,12 \pm 0,13$ ). A rapidez de coleta de xarope apresentou correlação genética de  $0,21 \pm 0,51$  com produção de mel, de  $0,45 \pm 0,33$  com produção de própolis, e de  $0,05 \pm 0,43$  com comportamento higiênico. As correlações genéticas entre produção de mel, produção de própolis e comportamento higiênico foram de  $0,20 \pm 0,43$ , de  $-0,11 \pm 0,41$  e de  $0,23 \pm 0,31$ , respectivamente. As correlações genéticas foram negativas entre percentagem de ácaros em abelhas adultas e as características produção de mel ( $-0,63 \pm 0,39$ ), produção de própolis ( $-0,07 \pm 0,50$ ), comportamento higiênico ( $-0,19 \pm 0,51$ ) e rapidez de coleta de xarope ( $-0,41 \pm 0,51$ ). As características produção de mel, produção de própolis e comportamento higiênico apresentam potencial para seleção genética. A menor percentagem de ácaros em abelhas adultas está relacionado a maior produção de mel e maior comportamento higiênico, mas não deve ser usado como único critério de seleção devido a baixa herdabilidade. A seleção de abelhas que coletam xarope mais rapidamente, prevendo maior produção de mel, promoverá pequeno ganho genético. Ao selecionar abelhas que produzem mais própolis haverá pequenos ganhos genéticos para comportamento higiênico ou maior produção de mel.

Palavras-chave: Coleta de xarope, comportamento higiênico, produção de mel, produção de própolis, *Varroa destructor*

---

<sup>1</sup> Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (93p.). Fevereiro 2011.

## GENETIC PARAMETERS FOR BEHAVIOURAL AND PRODUCTIVE TRAITS IN AFRICANIZED HONEY BEES *Apis mellifera* USING BAYESIAN INFERENCE<sup>2</sup>

Author: Alessandro Haiduck Padilha

Adviser: Prof. Jaime Araújo Cobuci

Co-adviser: Prof. Aroni Sattler

### ABSTRACT

This study was carried out to estimate genetic parameters for productive and behavioural traits in Africanized honey bees *Apis mellifera*. The data were submitted uni and bicharacter analysis using the software MTGSAM. The fixed effects considered in the models were localization of the hive, month-year or season-year and number of frames covered with bees as covariate. The heritability estimates were moderate to high for hygienic behaviour ( $0,81 \pm 0,17$ ), propolis production ( $0,83 \pm 0,16$ ), honey production ( $0,37 \pm 0,22$ ) and syrup-collection rate ( $0,39 \pm 0,22$ ) and lower for percentage of mites on adult bees ( $0,12 \pm 0,13$ ). Syrup-collection rate showed genetic correlation values of  $0,21 \pm 0,51$  with honey production,  $0,45 \pm 0,33$  with propolis production and  $0,05 \pm 0,43$  with hygienic behaviour. Genetic correlation between honey and propolis was  $0,20 \pm 0,43$ , between honey production and hygienic behaviour was  $-0,11 \pm 0,41$  and between propolis production and hygienic behaviour was  $0,23 \pm 0,31$ . Genetic correlations were negative between percentage of mites on adult bees and other traits honey production ( $-0,63 \pm 0,39$ ), propolis production ( $-0,07 \pm 0,50$ ), hygienic behaviour ( $-0,19 \pm 0,51$ ) and syrup-collection rate. Honey production, propolis production and hygienic behavior traits have potential for genetic selection. The lower percentage of mites on adult bees increase honey production or hygienic behaviour, but it is not recommended as the only criterion for selection, due to its low heritability. Selection for syrup-collection rate will promote small genetic gain for honey production. Propolis production is positively correlated to hygienic behaviour or honey production.

Keywords: Syrup-collection, hygienic behaviour, honey production, propolis production, *Varroa destructor*

---

<sup>2</sup> Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (93p.). February 2011.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Histórico .....	3
2.2. Comportamento higiênico e resistência a doenças e parasitas .....	12
2.3. Produção de mel e rapidez de coleta de xarope .....	18
2.4. Produção de própolis .....	21
2.5. Importância da estimação dos componentes de variância para características apícolas.....	23
2.6. Inferência Bayesiana.....	26
3. OBJETIVOS .....	29
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	30
5. RESULTADOS .....	38
5.1. Convergência das cadeias.....	38
5.2. Herdabilidades e variâncias .....	41
5.3. Correlações e covariâncias genéticas e residuais .....	45
6. DISCUSSÃO .....	48
6.1. Herdabilidades .....	48
6.2. Correlações genéticas e residuais .....	51
7. CONCLUSÕES GERAIS.....	54
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
APÊNDICES .....	71
VITA .....	82



## RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela 1 – Estimativas das distribuições <i>a posteriori</i> das herdabilidades e dos componentes de variância obtidos em análise unicaracterística .....	43
Tabela 2 - Valores médios das distribuições <i>a posteriori</i> das herdabilidades e dos componentes de variância obtidos em cada análise bicaracterística .....	45
Tabela 3 - Estimativas médias e desvio-padrão de correlações genéticas (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) das características apícolas.....	47
Tabela 4 – Estimativas médias e desvio-padrão de covariâncias genéticas (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) .....	47

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura 1 – A: Recipientes de vidro (600 mL) preenchidos com xarope, mostrando as tampas perfuradas. B: Recipientes de vidro colocados dentro da melgueira. ....	31
Figura 2 – A: Quadros móveis e fita adesiva transparente. B: Quadros móveis revestidos com fita adesiva transparente, colocados nas laterais da colmeia. ....	32
Figura 3 – A: Pupa de olho rosa ao centro. B: “Pente” com 100 agulhas histológicas para perfurar as pupas de abelhas no teste de comportamento higiênico. C: Favo perfurado e marcado com alfinetes. D: Favo depois de 24 horas do teste de comportamento higiênico, mostrando os alvéolos limpos. ...	33
Figura 4 – Trajetória da cadeia ao longo das iterações e aproximação da densidade <i>a posteriori</i> das herdabilidades para (a) produção de mel, (b) produção de própolis, (c) comportamento higiênico, (d) rapidez de coleta de xarope e (e) percentagem de ácaros em abelhas adultas. ....	39
Figura 5 – Trajetória da cadeia ao longo das iterações e aproximação da densidade <i>a posteriori</i> das variâncias genéticas para (a) produção de mel, (b) produção de própolis, (c) comportamento higiênico, (d) rapidez de coleta de xarope e (e) percentagem de ácaros em abelhas adultas. ....	40

## **1. INTRODUÇÃO**

A ascensão da apicultura no mundo tem sido impulsionada pela procura cada vez maior por produtos naturais e de alta qualidade, como o mel e a própolis. Programas apícolas têm contribuído para que o Brasil aumentasse a produção e se tornasse um dos maiores produtores e exportadores mundiais de mel e própolis por meio de capacitação de apicultores e parcerias entre entidades e produtores (Portal Brasil, 2011; Globo Rural, 2011).

Nos últimos anos, essa preocupação com o aumento de produção tem sido dividida com temas como sanidade das abelhas (Pinto, 2009 e Gonçalves et al., 2009) e segurança alimentar (Perez et al., 2011). O embargo europeu ao mel brasileiro (2006 a 2008), devido a falhas no sistema de monitoramento de resíduos de antibióticos, mostra a importância dada pelo mercado apícola a ausência destes nos produtos das abelhas (Perfeito, 2008).

Na mesma época, cientistas identificaram uma síndrome conhecida como Desordem do Colapso das Colônias, em que houve o desaparecimento de milhares de colmeias nos Estados Unidos e na União Europeia, provocado por um conjunto de fatores (Girardi, 2007 e Sorrow, 2011). O melhoramento genético é uma alternativa ao uso de produtos sanitários nas colmeias pelo aumento de produtividade e de resistência das abelhas a doenças e parasitas. Para que um programa de melhoramento apresente progresso genético é necessário o conhecimento das herdabilidades e correlações genéticas para as

características de interesse econômico, os quais são imprescindíveis para a realização dos procedimentos de seleção genética das melhores rainhas. Estimativas de herdabilidades e correlações genéticas em abelhas africanizadas são escassas na literatura. Verificou-se que as herdabilidades para produção de mel (Soller & Bar-Cohen, 1967 e Bienefeld & Pirchner, 1990), produção de própolis (Pickler, 2009), comportamento higiênico (Pickler, 2009 e Stanimirovic, 2008) e comportamento de coleta de xarope apresentam magnitudes de moderadas a altas (0,20 a 0,87). Estudos relatam correlação genética positiva entre produção de mel e produção de própolis (Nicodemo, 2007; Thiman, 2002; Manrique, 2002) e sugerem haver associação genética entre o nível de infestação de abelhas adultas por ácaros *Varroa destructor*, o comportamento higiênico de cria, e o comportamento de *grooming*, que implica a detecção e remoção de ácaros ectoparasíticos delas mesmas (auto-*grooming*) e das companheiras (allo-*grooming*) (Boecking & Drescher, 1992; Spivak, 1996; Aumeier, 2000 e Harris, 2007).

Em vista da escassez de conhecimento dos parâmetros genéticos em abelhas africanizadas, objetivou-se estimar as herdabilidades e correlações genéticas e residuais para produção de mel, produção de própolis, rapidez de coleta de xarope, comportamento higiênico e percentagem de ácaros em abelhas adultas numa população de abelhas africanizadas *Apis mellifera* por meio dos Modelos Mistos via abordagem Bayesiana.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Histórico

A História das abelhas no Brasil começou com a criação dos meliponíneos, popularmente conhecidas como abelhas sem ferrão, nativas ou indígenas, antes da introdução da abelha melífera (*Apis mellifera*), ou abelha com ferrão em 1839. Essa atividade foi inicialmente desenvolvida pelos índios (Posey, 1983) e atualmente vem sendo praticada por pequenos e médios produtores e despertando o interesse de novos criadores (Borges & Blochtein, 2003). Foram identificadas 300 espécies de abelhas nativas brasileiras (Velthuis, 1997) e atualmente a meliponicultura encontra maior desenvolvimento no México e Nordeste brasileiro, havendo iniciativas bem sucedidas também no Rio Grande do Sul, onde já foram identificadas 20 espécies de meliponíneos (Blochtein et al., 2009). Dentre os meliponíneos criados no Rio Grande do Sul, destacam-se as abelhas jataí (*Tetragonisca angustula*), manduri (*Melipona marginata*), guaraipo (*Melipona bicolor*), mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), tubuna (*Scaptotrigona bipunctata*) e mirim (*Plebeia sp.*). A produção de mel pode chegar até 5 litros por ano em algumas espécies como as do gênero *Melipona*, sendo um mel de elevado valor econômico, apesar da baixa produção quando comparado com a abelha *Apis mellifera* (Blochtein et al., 2009; Drumond, 2011).

Muitas espécies de meliponíneos estão em risco de extinção devido ao desmatamento de locais de nidificação e possivelmente devido a competição com a abelha *Apis mellifera* por alguns nichos ecológicos, o que se deve a uma dificuldade adicional para obtenção de recursos naturais nas flores (Wilms et. al.,1996; Witter et al.,2010).

A História da Apicultura brasileira, agora sim, a criação de abelhas *Apis mellifera* no Brasil, pode ser dividida em três fases:

1839 a 1956: Esta fase corresponde a introdução das abelhas melíferas e o início da apicultura. Há uma polêmica sobre a data de introdução das abelhas *Apis* no país por causa da pouca literatura disponível. Segundo Stort & Gonçalves (1994) a apicultura começou em 1839 com importação das abelhas pretas ou alemãs, *Apis mellifera mellifera*, para o Rio de Janeiro pelo Padre Antonio Carneiro com autorização de Dom Pedro II. No entanto, segundo Van Emelen (1934) as primeiras colônias de abelhas introduzidas foram as abelhas pardas trazidas ao país por colonizadores missionários da Companhia de Jesus, vindos de Portugal, sendo que as abelhas pretas alemãs (*Apis mellifera mellifera*) teriam sido introduzidas somente em 1845 no sul do país, por colonizadores alemães, com o objetivo de difundir a apicultura e de introduzir o mel no hábito alimentar brasileiro (Stort & Gonçalves, 1994). A apicultura racional brasileira começou a ser ensinada no sul do país, havendo a contribuição da escola alemã, destacando-se principalmente as contribuições apícolas do Sr. Hannemann, que introduziu no Rio Grande do Sul, entre 1870 e 1880, as abelhas amarelas italianas *Apis mellifera ligustica* vindas da Alemanha e do Professor Emílio Schenk, que foi um dos maiores responsáveis pela

implantação da apicultura racional no Brasil. O professor Emílio Schenck percorreu o Estado do Rio Grande do Sul a pé, a cavalo, de bicicleta, de carroça e de trem, divulgando e ensinando a técnica de criar abelhas como um extensionista e editou o livro Guia completo de apicultura nas versões em alemão e em português (Wiese, 2005). Nessa primeira fase da apicultura brasileira a produção apícola nacional era baixa (4 a 6 mil toneladas/ano), a grande maioria dos equipamentos usados na apicultura eram importados (centrífugas, tanques, decantadores, estampadoras de cera, desoperculadoras etc.) e o associativismo era pouco difundido no país (Gonçalves, 1998).

1956 a 1970: Esta fase corresponde ao processo de africanização das abelhas brasileiras até o auge dos problemas causados pela introdução das abelhas africanas. Nessa época, conforme relato de Gonçalves (1998), a baixa produção de mel no Brasil, não condizia com as características tropicais e de extensão territorial que eram propícias ao desenvolvimento da Apicultura. Autoridades brasileiras comparavam a produção nacional, ao desempenho do país vizinho Argentina, que em clima considerado menos propício, destacava-se internacionalmente entre os cinco maiores produtores mundiais de mel. Por isso, em 1956, o geneticista especialista em abelhas, Prof. Dr. Warwick Estevam Kerr, foi convidado pelo Governo brasileiro a desenvolver um programa de melhoramento genético em busca de uma nova raça de abelhas mais produtiva (Wiese, 2005).

O professor Kerr realizou um minucioso estudo e constatou que dados da literatura internacional apontavam a subespécie *Apis mellifera scutellata* como grande produtora de mel (Gonçalves, 1998). Essas abelhas foram

trazidas da África (região de Tanganica e África do Sul) ao Brasil com o objetivo de realizar o melhoramento e posterior distribuição de rainhas selecionadas aos apicultores (Kerr, 1967). Em 1957, ocorreu o escape acidental de 26 rainhas que se encontravam em quarentena em apiário próximo a Rio Claro (SP), iniciando as enxameações dessas rainhas e o cruzamento na natureza com as subespécies européias residentes no continente desde a época da colonização.

Portanto, a abelha resultante do cruzamento entre as subespécies européias já existentes com a africana é um poli-híbrido que, de acordo com Gonçalves (1998), por volta de 1974 recebeu a denominação “africanizada” devido à dominância das características das abelhas africanas sobre as demais européias.

Os enxames africanizados se expandiram pela América a uma velocidade de cerca de 480 km/ano (Taylor, 1985), dispersando-se por toda a América do Sul (com exceção do Chile), América Central, incluindo várias áreas dos Estados Unidos (Kunzmann et al., 2011). Embora a abelha africanizada tenha ocupado uma grande área da América, elas não tem sido capazes de colonizar latitudes meridionais maiores do que 35°, conforme estudo com marcadores citogenéticos e nucleares realizado no Rio Grande do Sul e norte do Uruguai que confirmou a existência de uma área de transição de populações geneticamente distintas, sugerindo haver a existência de fluxo gênico entre abelhas de origem européia e africanizadas (Diniz et al., 2003).

A expansão das abelhas pelo continente causou temores de que a entrada dessas abelhas em novas áreas seria perigosa para a população



devido à sua agressividade e desvantajosa para os apicultores e a indústria de polinização (Gonçalves, 1998).

Na mídia a abelha africanizada ou “abelha brasileira” foi retratada como “abelhas assassinas” em notícias sensacionalistas e em filmes de terror como *The swarm (O enxame)* de 1978 e *Killer bees (Abelhas assassinas)* de 1974.

No começo da década de 80, o Departamento de Agricultura dos EUA estimava que, com a chegada dos enxames africanizados, haveria uma perda anual de 19 milhões de dólares em atividades agrícolas que dependiam da polinização por abelhas, além de um prejuízo ainda maior para a apicultura (McDowell, 1984). Porém, devido baixa taxa de dispersão das abelhas africanizadas nos climas temperados americanos, juntamente com políticas de controle por parte do governo, tais impactos foram menores do que se imaginava inicialmente (Schneider et al., 2004).

No Brasil, os impactos causados foram o abandono da atividade por apicultores devido a maior defensividade das novas abelhas introduzidas (Gonçalves, 1998) e a inclusão da abelha africanizada como “animal agressor” na ficha de investigação de acidentes por animal peçonhento do Centro de Vigilância Epidemiológica (CVE) da Secretaria da Saúde de São Paulo (Mello et al., 2003).

Apesar dos impactos negativos, o objetivo de introduzir as abelhas africanas no Brasil para aumentar a produção nacional de mel, foi alcançado, conforme constatado por Kerr (1967) com dados que apontavam as abelhas africanas produzindo duas vezes mais que as italianas e quatro vezes mais que

as alemãs.

1970 até 2011: Esta fase se caracterizou pela adaptação dos apicultores e técnicos, pelo desenvolvimento de técnicas adequadas de manejo, sendo o Brasil hoje conhecido internacionalmente pelo domínio da metodologia de controle dessas abelhas. Essa fase se tornou também conhecida pela ampla criação e desenvolvimento de implementos apícolas e o significativo aumento ocorrido no número de apicultores e número de colmeias, fato que contribuiu significativamente no aumento da produção nacional de mel e de outros produtos das abelhas, destacando-se também a melhoria na diversificação e qualidade dos produtos apícolas.

Em 2001, o país produziu em torno de 22 mil toneladas de mel, destacando-se em sexto lugar na produção mundial (Pereira, 2011). A produção brasileira de mel saltou de 38 mil toneladas em 2009 para 50 mil toneladas em 2010, colocando o País na 11ª posição entre os maiores produtores mundiais e é, atualmente, o quinto maior exportador do produto (Portal Brasil, 2010).

Os responsáveis pelo destaque do setor nos últimos anos são os Programas de incentivo a produção e capacitação de agricultores envolvidos no setor e os esforços em conjunto entre a Confederação Brasileira de Apicultura, a EMBRAPA e o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae), que tem como objetivo promover o aumento de produção por meio de parcerias entre apicultura, silvicultura e fruticultura (Globo Rural, 2011).

Além do aumento de produção, temas como sanidade apícola (Pinto,

2009 e Gonçalves et al., 2011) e segurança alimentar (Perez et al., 2011) tem sido tema na mídia e em congressos nessa fase.

Em 1979, a varroatose, causada pelo ácaro *Varroa jacobsoni* (Morse & Gonçalves, 1979) foi identificada em Jundiaí no estado de São Paulo. Nos primeiros anos, a infestação foi alta atingindo níveis de até 30%. Níveis entre 20% e 30% de varroatose normalmente causam eliminação das colônias, tendo sido testados nos vários laboratórios de pesquisa do país vários acaricidas, ervas (Ex. erva de Santa Maria usada na agricultura no combate a carrapatos). Para evitar que a situação se agravasse antes de se ter uma solução satisfatória para o problema da varroatose, houve uma iniciativa de alguns pesquisadores brasileiros no sentido de orientar o Ministério de Agricultura a não aprovar a importação de acaricidas, bem como de qualquer programa nacional de combate ao ácaro, com produto químico, antes de haver um estudo detalhado sobre a real situação da praga no país, o que felizmente foi atendido pelo Ministério. Constatou-se a seguir que a infestação manteve-se alta apenas nos primeiros 5 a 8 anos após a descoberta da praga no país. Nos últimos anos, constatou-se também que a infestação foi gradativamente sendo reduzida até atingir os dias atuais em que ela oscila em torno de 2% a 5% nos Estados mais atingidos, porém não ocorrendo eliminação ou morte de colônias (Moretto et al., 1995; Moretto et al., 2003) . Portanto, como nunca houve no Brasil nenhum tratamento em larga escala, coordenado por repartição pública estadual ou federal, contra o ácaro *Varroa jacobsoni*, nem a importação oficial de acaricidas para combater a varroatose, os pesquisadores concluíram que as abelhas africanizadas se tornaram resistentes ou tolerantes à varroatose, não

sendo esta praga, hoje, um problema sério para o apicultor brasileiro. Por outro lado, como não se usou acaricidas em larga escala no país, (talvez casos isolados por parte de alguns apicultores) não houve conseqüentemente, nem resistência do ácaro a esses produtos nem contaminação nos produtos das abelhas (Gonçalves, 1998).

Em 2006, uma circular de 21 de fevereiro da Federação Europeia de Comércio de produtos do agronegócio recomendou a proibição da importação de mel do Brasil devido a persistência de falhas no sistema de monitoramento de resíduos de antibióticos no mel brasileiro, o que acarretou a suspensão das exportações para países europeus. O Brasil voltou a exportar mel para a União Europeia após a adequação da cadeia apícola as exigências do mercado europeu por meio do Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (HACCP/APPCC) implantado pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), que realizou auditorias e capacitação de diversos apicultores em vários estados brasileiros (Perfeito, 2008).

Desde 2006, reportagens sobre um repentino desaparecimento de abelhas nos Estados Unidos e na Europa deixaram alarmados os produtores, ambientalistas, pesquisadores e público em geral (Pereira, 2011). Os cientistas chamaram essa síndrome de Desordem do Colapso das Colônias DCC (Colony Collapse Disorder – CCD) (Sorrow, 2011), que é caracterizada pela ausência de abelhas vivas ou mortas na colônia, mas com a presença de crias e alimento, podendo ser encontrado, em alguns, uma pequena quantidade de operárias e a rainha dentro da colmeia (Pereira, 2011). Várias causas prováveis para esse fenômeno foram listados como ácaros *Varroa destructor* mais

resistentes a antibióticos ou acaricidas, dieta das abelhas, diminuição da biodiversidade, manejo das colônias, vírus, fungos, agrotóxicos e sinergia de todos esses fatores (Xeyla, 2011).

Em 2007, pesquisadores americanos identificaram cinco grandes grupos de bactérias, quatro linhagens de fungos e sete tipos de vírus e chegaram a um suspeito mais provável do desaparecimento das *Apis mellifera* européias, o vírus israelense da paralisia aguda ou IAPV, que é facilitado pelo ácaro *Varroa destructor* (Girardi, 2011).

De acordo com o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) não foi detectada a Desordem do Colapso das Colônias no Brasil (Pereira, 2011), pois em geral as perdas de colmeias de abelhas africanizadas que acontecem no Brasil podem estar associadas a outros fatores como condições ambientais desfavoráveis (chuvas intensas ou secas), manejo inconveniente, falta de alimento, ataque de predadores, uso de agrotóxicos nas lavouras e morte por doenças conhecidas (Pereira, 2011).

Nessa fase, é notório o aumento no número de pesquisadores especializados em biologia de abelhas, apicultura e meliponicultura no país, bem como a ampliação da rede de estabelecimentos oficiais de ensino e pesquisa que se dedicam ao estudo das abelhas. Dentre as Instituições que realizam pesquisas com abelhas africanizadas podem ser citadas a Universidade de São Paulo (Gramacho, 1999; Moreto, 1991) e a Universidade Estadual de Maringá (Santos, 2008). Destacam-se também alguns programas específicos para melhoramento de abelhas rainhas africanizadas como o Programa de Melhoramento Genético de Abelhas Rainhas do Estado do

Ceará, que tem realizado seleção de rainhas para comportamento higiênico e produção de mel (Viana, 2010). Dentre as características com maior interesse para serem geneticamente melhoradas destacam-se o comportamento higiênico, a resistência a doenças e parasitas (*Varroa destructor*), a produção de mel, a produção de própolis, a produção de geleia real, a eficiência de polinização ou produção de pólen, produção de cera, baixa defensividade e redução do comportamento enxameatório.

## **2.2. Comportamento higiênico e resistência a doenças e parasitas**

A apicultura no mundo, principalmente em países com abelhas de raças europeias, é afetada por doenças de cria e ácaros ectoparasitas que diminuem a produtividade das colmeias, podendo inclusive causar a morte de toda a colônia de abelhas com o tempo (Fries et al., 1996). A consequência do uso constante de produtos sanitários e acaricidas nas colméias causa problemas como a perda de eficiência desses produtos pela resistência de patógenos e ácaros, propagação de colônias suscetíveis, aumento dos custos, contaminação do mel, cera e própolis e danos fisiológicos às próprias abelhas (Milani, 1999; Wallner, 1999; Oldroyd, 1999; Pettis et al., 2004; Nozal et al., 2003; Gregorc et al., 2004 e Bogdanov, 2006).

A abelha africanizada apresenta maior resistência a doenças e ácaros do que a abelha européia, o que em princípio dispensa o uso de medicamentos e acaricidas (Moretto, 2003 e Moretto, 2006), mas o possível aparecimento de novas doenças e/ou parasitas ou a propagação das que já

estão estabelecidas no Brasil continua sendo uma preocupação, pois elas podem diminuir o desempenho produtivo das abelhas africanizadas (Brasil, 1999; Sattler, 2000; Schuch, 2003). Além de manter um monitoramento constante da presença e dos níveis de doenças e infestação de parasitas, é preciso explorar mecanismos naturais de resistência das abelhas, forma mais econômica e ecologicamente sustentável para aumentar o desempenho das mesmas.

O mecanismo natural mais importante de resistência da abelha melífera a doenças e parasitas é o comportamento higiênico (Stanimirovic, 2002; Stanimirovic, 2008 e Wilson-Rich, 2009).

O comportamento higiênico em abelhas melíferas foi descoberto no ano 1930 (Rothenbuhler & Thompson, 1956) e é considerado o principal mecanismo de resistência das abelhas melíferas contra as doenças de cria, principalmente a Cria Pútrida (causada pela bactéria *Paenibacillus larvae* (Rothenbuhler, 1964; Spivak & Reuter, 2001) e a cria-giz (causado pelo fungo (*Ascosphaera apis*; Gilliam, 1983). Esse é também um dos mecanismos de resistência contra o ácaro *Varroa destructor* (Boecking & Spivak, 1999).

A maior resistência de certas linhagens é fruto da atividade das abelhas operárias em removerem do ninho as larvas e pupas mortas mais depressa do que linhagens suscetíveis a doenças e com isso reduzem a fonte da infecção na colmeia (Park, 1937; Woodrow & Holst, 1942).

Rothenbuhler (1964) descreveu dois pares de genes recessivos que determinam o comportamento higiênico ou de limpeza das abelhas, embora tenha sido contestado por Moritz (1988). Gramacho (1999) apresentou a

hipótese que prevê a existência de três pares de genes recessivos em vez de dois. Lapidge et al. (2002) utilizando metodologias envolvendo biologia molecular e mapas de ligação identificaram seis marcadores de QTL candidatos e mais um significativamente ligado aos fenótipos estudados, os quais explicaram entre 9% e 15% da variância fenotípica observada nesse caráter.

As maneiras mais utilizadas para mensurar o comportamento higiênico de crias são os testes de perfuração com agulha histológica (Kefuss, 1996) e de congelamento da cria (Spivak, 1998). Apesar de haver controvérsias quanto aos métodos (Gramacho, 1999; Pires, 2006; Panasiuk, 2008; Stanimirovic, 2008; Espinosa-Montaña, 2008 e Gonçalves, 2008) tanto o método de congelamento quanto o de perfuração são considerados apropriados.

O método de congelamento pode ser realizado colocando favos com cria em geladeira, mas é considerado pouco prático. O congelamento com nitrogênio líquido é o mais rápido entre os métodos, mas depende do acesso a esse produto (Boecking & Drescher, 1998; Spivak & Gilliam, 1998; Spivak & Reuter, 1998). O método de perfuração de cria é o mais econômico e pode ser usado no campo por pesquisadores e apicultores, pois consiste em perfurar as pupas das abelhas dentro dos alvéolos por meio de uma agulha entomológica número 2 ou um “pente” de metal com 100 agulhas entomológicas (Kefuss, 1996).

Outras formas menos comuns de se medir o comportamento higiênico utilizam agentes etiológicos inoculados diretamente na cria dentro do



favo, agentes etiológicos inseridos na alimentação, ou uso de gás cianídrico para matar a cria, mas são métodos usados apenas em pesquisa básica (Gramacho & Gonçalves, 2000).

O comportamento higiênico é expresso em percentagem de cria morta (por perfuração, congelamento, gases, agentes etiológicos) que é retirada dos alvéolos pelas abelhas adultas em determinado período de tempo. Wilson-Rich (2009) salienta que todas as colônias de abelhas melíferas são higiênicas, entretanto elas podem expressar esse comportamento mais rapidamente ou mais lentamente. Assim, as colônias de abelhas que removem mais do que 95% de abelhas mortas em um período de 24 horas são consideradas super-higiênicas (ou abelhas de comportamento higiênico super-rápido), aquelas que removem de 90-95% no mesmo intervalo são consideradas higiênicas (comportamento higiênico rápido), enquanto que as não-higiênicas (comportamento higiênico lento) são colônias que removem menos que 90% das abelhas mortas (Stanimirovic et al. 2002).

Além das doenças que afetam a cria, a presença de ácaros ectoparasitas também é uma das preocupações dos pesquisadores e vários estudos tem sido feitos para entender a relação entre ácaro e a abelha melífera (Boecking & Spivak, 1999; Stanimirovic, 2008). Estudos utilizando análises de DNA pela técnica de RAPD permitiram identificar três tipos de genótipos distintos no ácaro *Varroa destructor*, chamados de Russo (R), Japonês (J) e Papua Nova Guiné (PNG) (Guzman et al., 1997; Anderson & Fuchs, 1998). O genótipo R está distribuído em todo o mundo, incluindo Estados Unidos, Europa, México e Argentina, enquanto o genótipo J está restrito ao Japão,

Brasil, Porto Rico e alguns Estados dos Estados Unidos (Guzman et al., 1997). Acreditava-se que o genótipo J era o mais abundante no Brasil (Anderson, 2000; Anderson & Trueman, 2000), mas Guerra et al. (2010) analisou ácaros do sul do Brasil (Santa Catarina) e outras regiões (Amazonas, São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Norte) e identificou o padrão R, assim como ácaros de outros países americanos (Argentina, Uruguai, Colômbia, Cuba, Chile e México). Carneiro et al. (2007) relatou que a fertilidade de fêmeas de *Varroa* em 2005-2006 aumentou em relação ao ano 1986-1987, ou seja, a fertilidade das fêmeas de ácaros no Brasil aumentou até níveis europeus. Como não há barreiras para a dispersão do varroa em todas as partes continentais brasileiras, o aumento na habilidade reprodutiva do ácaro corrobora a hipótese criada por Guerra et al. (2010) de que pode ter havido substituição do genótipo J pelo R ao longo do tempo, existindo o genótipo J somente na Ilha de Fernando de Noronha devido ao isolamento.

Nos países em que a apicultura é impulsionada pelas abelhas de raças europeias, características de resistência ao ácaro *Varroa destructor* são extremamente importantes e levaram a criar linhagens de abelhas especialmente voltadas para resistir a esses parasitas, visto que é necessário utilizar acaricidas para controlar os níveis de infestação nas colmeias (Rinderer, 2003 e Harris, 2008). Um exemplo de esforço nesta área são as linhagens comercialmente disponíveis nos Estados Unidos, para higiene sensível a *Varroa destructor* (Harris, 2007) e para comportamento higiênico rápido (Spivak, 1996). A resistência das abelhas a ectoparasitas como o *Varroa destructor* é um tema muito importante no melhoramento, pois em abelhas

européias mesmo com baixas infestações podem causar problemas sérios e até mesmo a morte das abelhas (Fries et al, 1996). Segundo Spivak & Reuter (1998), o efeito do melhoramento é a diminuição da infestação por ácaros, pois abelhas europeias (italianas) melhoradas para comportamento higiênico podem ter menos ácaros por abelha (0,6%) do que abelhas não selecionadas (1%). No Brasil e em outros países, onde predominam abelhas de origem africana e seus híbridos, as abelhas podem sobreviver aos ácaros sem tratamento devido a interação perfeita entre hospedeiro (abelha) e parasita (*Varroa*) (Boecking & Spivak, 1999; Guerra, 2000; Aumeier, 2000; Moretto, 2006 e Mondragón, 2005).

Guzman & Rinderer (1999) mostraram haver correlação entre os vários genótipos do ácaro e sua fertilidade em diferentes regiões geográficas, mas não se sabe com certeza se a severidade dos efeitos causados pelo parasita *Varroa* depende do genótipo das abelhas e/ou do genótipo do ácaro, ou se as mudanças temporais na fertilidade do ácaro e no genótipo que ocorrem no Brasil estão completamente correlacionadas com o aumento de infestação observado (Guerra et al., 2010).

Os níveis ou as taxas de infestação das abelhas adultas e da cria dentro dos favos podem ser determinados pelo comportamento higiênico (capacidade de detecção e remoção de cria morta e de ácaros de dentro do favo) e pelo comportamento de *grooming* (habilidade das abelhas adultas de detectar e retirar os ácaros do próprio corpo – auto-grooming; e do corpo das outras companheiras – allo-grooming) (Peng et al.,1987; Stanimirovic et al., 2005; Stanimirovic et al., 2010). No processo de *grooming*, as pernas do ácaro

podem ser cortadas ou a cutícula do idiossoma pode ser danificada pelas mandíbulas das abelhas, fazendo com que o ácaro danificado caia no fundo da colméia (Ruttner & Hänel, 1992). Esses mecanismos, além da fertilidade do ácaro, determinam a tolerância das abelhas ao ácaro e mantêm os níveis de infestação baixos no Brasil (Guerra et al., 2010).

Para aumentar (ou manter) a resistência das abelhas africanizadas às doenças e a tolerância ao varroa é preciso seguir o exemplo de outros países com o desenvolvimento de linhagens resistentes, além de criar programas de monitoramento constantes. Para tanto, é fundamental conhecer os parâmetros genéticos de características envolvidas com a maior resistência das populações de abelhas.

Boecking (2000) e Stanimirovic (2008) estimaram a herdabilidade do comportamento higiênico de abelhas europeias por meio de perfuração de crias e obtiveram valores que variaram de 0,36 a 0,63, sendo que esses autores utilizaram métodos convencionais de estimação, como o método dos quadrados mínimos. Pickler (2009), utilizando a mesma forma de medição, porém utilizando o método bayesiano estimou herdabilidade de 0,52 em abelhas africanizadas. Devido a variação desses valores quanto aos métodos empregados para a estimação dos parâmetros genéticos, é preciso cada vez mais utilizar metodologias adequadas e que expressem com maior acurácia os verdadeiros parâmetros genéticos dessas características, a fim de aumentar a eficiência na seleção das melhores rainhas.

### **2.3. Produção de mel e rapidez de coleta de xarope**

O Brasil é o quinto maior exportador de mel e o 11º maior produtor

mundial (CBA, 2010). Anualmente são produzidas entre 30 e 50 mil toneladas (Portal Brasil, 2010), entretanto estima-se que essa produção poderia ser de até 200 mil toneladas/ano, levando-se em consideração que atualmente apenas uma parte da flora apícola é explorada (Böhlke, 2006).

Um dos entraves para o aumento da produção brasileira é a baixa produtividade das colmeias que varia entre 18 e 20kg/colmeia/ano (Perez, 2004; SEBRAE, 2006; SEBRAE, 2010).

A quantidade de mel que uma colônia ou colmeia de abelhas pode produzir é dependente de fatores ambientais e genéticos e mediante a influência desses fatores a produção pode variar de zero até 210 kg/colmeia/ano (Szabo e Lefkovitch, 1989). Os principais fatores ambientais que afetam a produção de mel são o manejo dado pelo apicultor, a nutrição das abelhas, o pasto apícola do local, fatores meteorológicos e a quantidade de indivíduos numa colmeia (medido indiretamente pelo número de caixilhos cobertos com abelhas), a qual tem relação linear positiva com a produção total de mel (Topal, 2008).

A produção de mel, ao contrário de outros animais (bovinos, suínos e aves), não é uma expressão em nível individual e, sim, em nível de colônia, ou seja, a expressão fenotípica da produção de mel é afetada pelos efeitos médios dos genes de milhares de operárias com genótipos diferentes (filhas da mesma rainha), trabalhando em conjunto e dividindo as tarefas, o que torna o melhoramento genético de abelhas mais complexo (Bienefeld et al., 2007; Moritz, 1987; Moritz & Brandes, 1987).

A produção de mel é uma das características mais estudadas em

abelhas melíferas, entretanto estimativas de parâmetros genéticos, como a herdabilidade, podem variar em função dos métodos estatísticos empregados para sua estimação. Observou-se que para abelhas europeias, as estimativas de herdabilidades variaram de 0,20 a 0,58 (Soller & Bar-Cohen, 1967; Bar-Cohen, 1978), havendo na literatura, inclusive, uma estimativa de 0,03 (Praagh, 2006) em estudos que utilizaram métodos convencionais (Análise de Variância e Regressão). Bienefeld & Pirchner (1990), utilizando o método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), estimou herdabilidades de 0,26 (considerando o efeito de operárias) e 0,15 (considerando o efeito materno ou de rainha) para produção de mel.

Recentemente, Costa-Maia (2009) e Pickler (2009) utilizando abordagem Bayesiana, obtiveram valores de herdabilidade para produção de mel de abelhas melíferas africanizadas que variaram de 0,20 a 0,42.

A velocidade de coleta de alimento no campo ou em laboratório está relacionada a produtividade da colmeia (Neves & Stort, 1980; Malaspina & Stort, 1987; Azevedo et al., 1996). Essa característica pode ser influenciada pela raça de abelhas (Malaspina & Stort, 1987), pela concentração do alimento (Sylvester, 1978) entre outros fatores. Azevedo et al. (1996) realizou estudos em laboratório com grupos de abelhas selecionadas para maior e menor produção de geléia real e verificou que abelhas que produziam mais geléia real, coletaram xarope mais lentamente em laboratório. Malaspina & Stort (1987) treinou abelhas para coletarem xarope em um recipiente colocado numa balança a 70 m da colmeia, medindo o peso da abelha, o peso da carga no estômago da abelha, o tempo para alcançar o alimentador e tempo para

retornar a colmeia, demonstrando que as abelhas africanizadas são mais leves, transportam menor quantidade de xarope e desenvolvem maior velocidade de vôo, tanto para atingir a fonte de alimento, como para voltar para a colônia em relação as abelhas caucasianas. Zárate et al. (2008) avaliaram a aplicação de testes de laboratório (longevidade, quantidade de xarope removido e armazenado) e de campo (taxa de atividade de forrageamento e volume do conteúdo de mel do papo de abelhas e ganho de peso da colônia) para prever a produção de mel em abelhas africanizadas.

Estimativas de herdabilidade para a característica rapidez ou velocidade de coleta de xarope em testes de campo e em laboratório são escassas na literatura. Rothenbuhler et al. (1979) encontrou valores de herdabilidade para linhagem de rápida coleta de xarope de 0,55 e para lenta coleta de xarope de 0,32 em laboratório.

#### **2.4. Produção de própolis**

Estima-se que o Brasil está entre os maiores produtores mundiais de própolis juntamente com China, EUA, Austrália e Uruguai (SEBRAE, 2006). As estatísticas não são muito precisas sobre o volume de própolis produzido anualmente no Brasil, o que é exportado e o que é consumido pelo mercado interno. Existem apenas avaliações de produtores e exportadores que situam a produção brasileira entre 49 e 150 toneladas anuais. De acordo com Lustosa (2008) essa estimativa de 150 toneladas pode estar superestimada, mas é mais realista. O consenso é de que o Brasil é o segundo maior produtor mundial, logo atrás da China (Lima, 2006).

A própolis tem sido objeto de intensos estudos farmacológicos e

químicos nos últimos 30 anos devido às suas propriedades antibacteriana, antifúngica, antiviral, anti-inflamatória, hepatoprotetora, antioxidante, antitumoral, imunomodulatória (Bankova, 2005; Kosalec et al., 2005; Alencar et al., 2005 e Simões et al., 2008).

Além de ser um produto de alto valor agregado para o apicultor e para a indústria, a própolis tem grande importância para a própria abelha, pois sua produção tem implicações para a saúde e produtividade da colônia, fazendo com que as abelhas diminuam o risco de infecções por doenças e gastem menos energia com resposta imune em nível individual (Simone, 2009). As abelhas também usam a própolis para protegê-las contra insetos e microrganismos, no reparo de frestas ou danos à colmeia, no preparo de locais assépticos para postura da abelha rainha e na mumificação de insetos invasores (Marcucci, 1996).

A própolis é um material resinoso, encontrado em tons que variam do amarelo-esverdeado, passando pelo marrom-avermelhado ao negro. As abelhas elaboram a própolis a partir de secreções de árvores, flores, folhas e pólen, recebendo ainda a adição de substâncias secretadas pelo metabolismo glandular das abelhas (Burdock, 1998). As abelhas campeiras coletoras de resina compreendem uma pequena percentagem do número total de campeiras em uma colônia que produzem própolis continuamente (Meyer 1956; Nakamura & Seeley, 2006).

A produção de própolis que uma colônia de abelhas pode produzir numa colmeia de abelhas pode variar de zero a mais de 1000g por estação do ano (Ghisalberti, 1979) e é influenciado por fatores ambientais, tais como os



meteorológicos (Kerr et al., 1970), o sombreamento das colmeias (Souza et al., 2006 e Lima, 2006), o tipo de coletor (Inoue et al., 2007; Itagiba et al., 1994; Breyer, 1995; Moura, 2001), nutrição das abelhas e manejo das colmeias.

Valores das estimativas de parâmetros genéticos para produção de própolis são também escassos na literatura, embora estudo recente realizado por Pickler (2009) utilizando a inferência Bayesiana obteve valor de 0,87 para herdabilidade dessa característica. Estudos anteriores já indicavam que a seleção de abelhas africanizadas para produção de própolis apresentava ganhos genéticos na geração seguinte à seleção (Thiman, 2002 e Nicodemo, 2007).

## **2.5. Importância da estimação dos componentes de variância para características apícolas**

O estabelecimento de programas de seleção em insetos como a abelha melífera, assim como em mamíferos (bovinos e suínos) ou aves (galinhas, codornas etc), parte do princípio de que é preciso avaliar o valor genético com o objetivo de classificar os melhores indivíduos (melhores rainhas) que serão os pais da próxima geração, e quantificar sua contribuição para o ganho genético. O processo de avaliação genética desses indivíduos envolve a estimação dos componentes observacionais de variância (variância e covariância fenotípicas), que posteriormente são desmembrados em seus componentes causais (variância e covariância genética aditiva direta ou materna, permanente ou temporária de ambiente).

Esses mesmos componentes de variância permitem calcular também a herdabilidade e a correlação genética entre características de

interesse econômico para os produtores, em cada espécie.

Entretanto, os procedimentos de seleção dependem de estimativas acuradas dos componentes de (co)variância obtidos por meio de modelos estatísticos que melhor refletem o comportamento biológico das características de interesse (Faria, 2007), que, por sua vez, depende dos métodos de estimação.

Métodos clássicos de estimação de componentes de (co)variância (ou parâmetros genéticos) como Análise de Variância, Quadrados Mínimos, Regressão, etc. não utilizam a informação de parentesco e apresentam a possibilidade obtenção de estimativas viesadas e até negativas dos componentes de (co)variância, dependendo do grau de desbalanceamento dos dados (Marcelino & Lemma, 2000).

Na década de 80, com o advento de computadores de alto desempenho concomitantemente ao desenvolvimento de algoritmos computacionais mais eficientes, permitiu a utilização da metodologia das Equações de Modelos Mistos - EMM (ou Melhor Predição Linear não Viesada - BLUP) para estimação dos componentes de (co)variância.

O BLUP tornou-se o método mais amplamente aceito para estimação de componentes de variância em populações de suínos, bovinos, aves e, mais recentemente, de abelhas. De forma simplificada, o BLUP é um sistema matricial de equações que avalia o parentesco genético (e expressões fenotípicas) de todos os animais e os efeitos ambientais simultaneamente (Mrode, 2005). Essas equações envolvem diferentes modelos estatísticos, conforme a estrutura dos dados e do parentesco entre os animais da

população, como o Modelo Animal, o Modelo de Reprodutor, o Modelo de Repetibilidade e o Modelo Touro Avô-Materno, por exemplo.

Todos esses tipos de modelos foram ou são usados para estimar parâmetros genéticos para diferentes características nas espécies bovina, suína e aves, com base nos registros fenotípicos dos indivíduos que compõe uma determinada população, entretanto devido as peculiaridades biológicas das abelhas, tais modelos tiveram que ser adaptados por diversos pesquisadores (Bienefeld & Pirchner, 1990; Bienefeld et al., 2007; Costa-Maia, 2009; Pickler, 2009).

O Modelo Animal em abelhas difere do Modelo Animal aplicado em outras espécies, pelo fato da expressão fenotípica de uma determinada característica ser o resultado do trabalho em conjunto de milhares de indivíduos (abelhas operárias) com idades diferentes, tendo ainda, grande influência do efeito materno (da rainha) sobre sua expressão fenotípica. Além disso, a aplicação desse modelo só é possível em programas de melhoramento que utilizam a inseminação instrumental (ou o acasalamento natural em locais isolados), pois o registro genealógico de abelhas é incompleto pelo fato de não haver identificação do pai dos indivíduos (zangão) no acasalamento natural (sem interferência humana).

Para esquemas em que o acasalamento não pode ser totalmente controlado, Henderson (1976) propôs um modelo denominado de modelo touro avô-materno (MGS), cuja matriz de parentesco usada nas Equações de Modelos Mistos refere-se somente ao relacionamento genético entre os indivíduos do sexo masculino. Esse mesmo modelo pode ser aplicado no caso

das abelhas melíferas, no qual há clara informação de parentesco no lado materno (das rainhas), mas não se conhece a origem dos zangões com os quais as rainhas acasalaram.

As soluções dos Modelos Mistos (Modelos Animal, Reprodutor e Touro – Avô materno) podem ser encontradas ou estimadas por meio de determinadas abordagens como a Máxima Verossimilhança Restrita (REML) ou a Inferência Bayesiana.

## **2.6. Inferência Bayesiana**

A Inferência Bayesiana por meio da aplicação de métodos de Monte Carlo via Cadeias de Markov – MCMC, dentre os quais se destaca a Amostragem de Gibbs - GS (Gibbs Sampling), é uma ferramenta que tem sido sugerida por vários autores para uso em contextos que envolvem o melhoramento de bovinos, suínos, aves e, por último, em abelhas (Wang et al., 1993; Wang et al. 1994; Jensen et al., 1994; Sorensen et al., 1994; Van Tassel & Van Fleck, 1996; Lôbo et al., 1997; Magnabosco et al., 1997, 2000; Bienefeld et al., 2007).

Em geral, as características inerentes às populações de insetos como as abelhas melíferas não apresentam distribuição normal, havendo a necessidade de transformação de dados (Szabo, 1988). O volume de dados fenotípicos disponíveis em populações de abelhas é pequeno devido a dificuldade inerente aos métodos de medição de algumas características e ao fato de que o processo de melhoramento não é tão avançado como nos outros animais domésticos, como ocorre com bovinos, por exemplo, onde há grandes associações de produtores e programas de melhoramento que avaliam

milhares de animais (Moritz, 1986 e Engelsdorp, 2000).

A Inferência Bayesiana aparece como uma alternativa de grande flexibilidade, tanto em relação aos modelos estatísticos que podem ser utilizados nas análises quanto em relação às inferências que podem ser realizadas a partir de seus resultados.

A amostragem de Gibbs permite obter estimativas pontuais, regiões de alta densidade e intervalos de credibilidade (intervalos de confiança) para as distribuições posteriores dos parâmetros de interesse, sem aproximações ou uso de pressuposições de normalidade, e pode ser utilizado sem perda de precisão tanto em pequenos quanto em grandes conjuntos de dados fenotípicos representando uma vantagem sobre os métodos clássicos, como o método da Máxima Verossimilhança Restrita (Falcão et al., 2004 e Faria, 2007).

Uma vantagem muito importante da abordagem Bayesiana é em relação ao volume dos dados das populações e o nível da informação *a priori* para gerar as cadeias *a posteriori* dos parâmetros genéticos e componentes de variância que se quer estimar. A precisão das estimativas dos parâmetros genéticos e dos componentes de (co)variância (*a posteriori*) depende do parâmetro de escala ( $v$ ), o qual determina a forma das distribuições iniciais assumidas para cada parâmetro estudado.

O parâmetro de definição da forma ( $v$ ) da distribuição inicial pode assumir três formas de distribuição inicial: distribuição flat ou não-informativa (não refletindo o conhecimento prévio do parâmetro), simétrica (permite alguma informação do parâmetro) e aguda (Sharp) ou informativa (refletindo conhecimento do parâmetro).

Em populações grandes, quando há grande volume de dados fenotípicos, não há diferença entre a distribuição da função da verossimilhança e a distribuição *a posteriori* obtida na análise Bayesiana, entretanto em populações pequenas pode haver problemas na convergência tanto em análise de Máxima Verossimilhança quanto em análise Bayesiana com *prior* não-informativo (Carneiro et al., 2007). Por isso, a forma da distribuição inicial ( $v$ ) desempenha papel importante na estimação de parâmetros, quando há informações disponíveis sobre os parâmetros genéticos ou sobre os componentes de (co)variância genética. Nesse caso, a vantagem é que o aumento do nível de informação *a priori* (de não informativo para informativo) contribui para obtenção de estimativas acuradas dos parâmetros genéticos (Carneiro et al., 2007; Weigel & Gianola, 1992). Em alguns casos, dependendo das características a serem avaliadas, um *prior* não-informativo para um dado parâmetro pode fazer com que análises alcancem valores muito baixos ou muito altos, fora do espaço paramétrico, interrompendo o processo de amostragem de Gibbs (Mercadante, 2006).

### **3. OBJETIVOS**

Estimar herdabilidades e correlações genéticas e residuais entre as características produção de mel, produção de própolis, percentagem de ácaros *Varroa destructor* em abelhas adultas, comportamento higiênico e rapidez de coleta de xarope em uma população de abelhas africanizadas por meio da Metodologia de Modelos Mistos via inferência Bayesiana.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta dos registros apícolas foi conduzida na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - EEA/UFRGS, que está localizada no km 146 da BR 290, em Eldorado do Sul, RS. Foram utilizadas 45 colmeias, sendo que 40 foram doadas por apicultores da COOAPISUL (Cooperativa Apícola do Sul) e 5 capturados por caixas-isca na EEA/UFRGS. Não foi realizado processo de seleção, sendo a rainha de cada colmeia substituída pela própria progênie (rainha) após cada etapa de coleta.

Primeiramente, foram feitas medições da produção de mel, rapidez de coleta de xarope, produção de própolis, comportamento higiênico e monitoramento da percentagem de ácaros *Varroa destructor* em abelhas adultas, e em seguida, foram realizadas as etapas de reprodução e substituição das rainhas, totalizando duas gerações para produção de mel e três para as demais características. A produção das rainhas foi realizada pelo método de transferência de larvas de Doolittle (1899). Foi adotado o esquema de acasalamento natural, no qual as rainhas saíram dos núcleos para o voo de fecundação e acasalaram aleatoriamente com zangões de origem desconhecida. As rainhas receberam marcação no tórax para identificação visual. Foram feitas duas medições de produção de mel, sendo a primeira em maio de 2009 e a segunda em março de 2010. A medição da produção de mel



foi realizada de forma direta pela pesagem das melgueiras antes e depois da centrifugação, sendo a produção determinada pela diferença entre as duas pesagens, descontando-se o peso dos opérculos.

O comportamento de coleta de xarope foi medido em julho e agosto de 2009 e fevereiro e agosto de 2010, totalizando quatro medições. Para cada colônia de abelhas foi administrado xarope de água, sacarose e mel na proporção 4:4:2 por meio de vidros de 600 mL perfurados com oito furos de aproximadamente 1,5 mm colocados sobre o ninho e dentro da melgueira de cada colmeia. Foram disponibilizados 3 vidros por colmeia no final da tarde, sendo medido o restante do xarope que não foi consumido após 12 horas.



Figura 1 – A: Recipientes de vidro (600 mL) preenchidos com xarope, mostrando as tampas perfuradas. B: Recipientes de vidro colocados dentro da melgueira.

As medições da produção de própolis foram feitas nos meses de julho e agosto de 2009 (inverno), abril, maio (outono) e outubro (primavera) de 2010. A produção foi medida por meio de colocação de quadros móveis (22 cm x 3 cm) nas laterais da colmeia. Esses quadros foram cobertos com fita adesiva transparente nas duas laterais para permitir a passagem de luz, mas impedir a entrada de vento frio diretamente no interior da colmeia. A quantidade de

própolis produzida foi feita por pesagem direta da própolis cortada dos quadros móveis após 25 dias de permanência nas colméias.



Figura 2 – A: Quadros móveis e fita adesiva transparente. B: Quadros móveis revestidos com fita adesiva transparente, colocados nas laterais da colmeia.

A avaliação do comportamento higiênico foi realizada pelo Método de Perfuração de Crias (Newton & Ostasiewski, 1986). Foi retirado um quadro de crias operculadas com idades entre 10 e 14 dias (pupa com olho de coloração rosa) de cada colmeia (Figura 3). Foram marcadas uma área teste e uma área testemunha. A área testemunha foi utilizada para descontar a taxa de limpeza natural de pupas doentes ou parasitadas. Na área de teste foram perfuradas 100 pupas com um “pente” formado por alfinetes entomológicos e contados os alvéolos vazios antes e depois de 24 horas. As células vazias foram contadas antes e depois da perfuração e os valores de comportamento higiênico foram calculados usando a seguinte fórmula

$$CH = \{ [(CV_1 - CV_2) / CO] \times 100 \} - \{ (C-B) / A \times 100 \}$$

em que A é número de células com cria operculada (área controle) antes do

favo ser introduzido na colônia para o teste de limpeza; B é número de células vazias da área controle antes do favo teste ser submetido ao teste de limpeza ; C é o número de células vazias da área controle após o favo teste ter sido submetido ao teste de limpeza na colônia analisada;  $CV_1$  é número de células vazias 24 horas após a perfuração na área teste;  $CV_2$  é número de células vazias antes da perfuração das células operculadas na área teste; CO é número de células operculadas antes da perfuração na área teste.

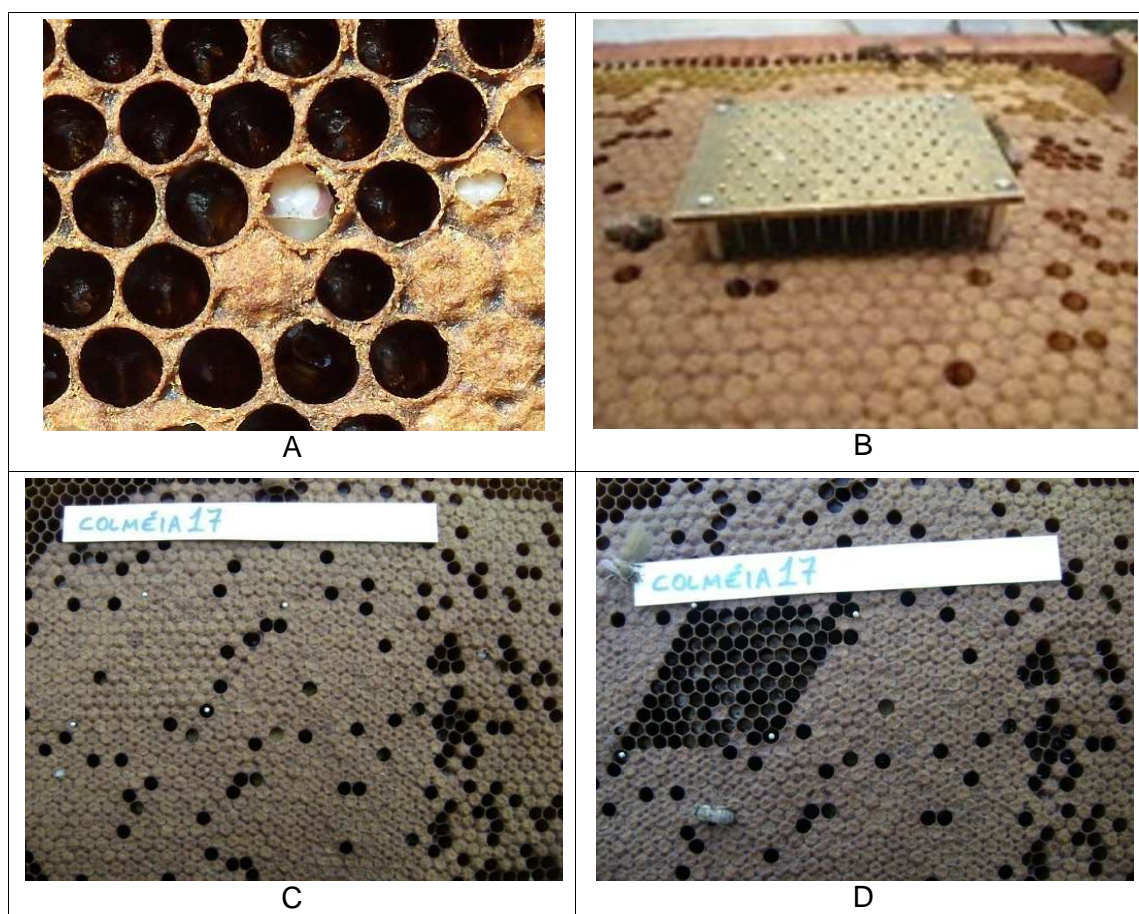


Figura 3 – A: Pupa de olho rosa ao centro. B: “Pente” com 100 agulhas histológicas para perfurar as pupas de abelhas no teste de comportamento higiênico. C: Favo perfurado e marcado com alfinetes. D: Favo depois de 24 horas do teste de comportamento higiênico, mostrando os alvéolos limpos.

O monitoramento da percentagem de ácaros em abelhas adultas foi realizado por meio de adaptação do método de De Jong (1982). Foram

coletadas amostras de abelhas adultas de cada colônia no mesmo momento em que foi realizado o teste de comportamento higiênico. As abelhas foram coletadas com potes de 250 mL, contendo água com detergente, as quais foram agitadas aproximadamente por um minuto num vidro de 600 mL, peneiradas e separadas dos ácaros. Os ácaros e as abelhas foram contados e registrados, no entanto os ácaros que infestavam os favos não foram considerados.

A quantidade de abelhas numa colmeia pode influenciar o desempenho da colônia ou colmeia de abelhas devido ao crescimento diferencial das mesmas, apesar de receberem tratamentos iguais e serem equalizadas no período anterior as floradas (Topal, 2008). Por isso, o número de indivíduos em cada colmeia foi medido de forma indireta por meio da contagem do número de caixilhos cobertos com abelhas adultas aderentes. Essa contagem foi realizada para todas as características, com o intuito de utilizá-la como covariável nos modelos estatísticos.

Os dados de campo, primeiramente, foram analisados quanto a normalidade por meio do procedimento Univariate do SAS<sup>®</sup> e após transformação dos dados (a saber, raiz quadrada da produção de mel, raiz cúbica da produção de própolis e da rapidez de coleta de xarope, e logaritmo da percentagem de ácaros + 1), foram realizadas análises de variância pelo método dos quadrados mínimos, utilizando-se o procedimento GLM no SAS<sup>®</sup> para verificar a significância dos efeitos não-genéticos sobre as características estudadas e, assim, considerá-las posteriormente nos modelos utilizados para estimação dos parâmetros genéticos. Para as análises bicaracterística foram

realizadas restrições nos dados devido ao desbalanceamento provocado por enxameamento, abandono de colmeias e primavera desfavorável (sem produção de mel), optando-se num primeiro momento por considerar apenas animais (abelhas operárias) com registros nas análises bicaracterística.

O modelo estatístico utilizado foi adaptado de um modelo desenvolvido por Henderson (1976), conhecido como touro - avô materno, no qual há informação de animal, pai e avô materno. Para a situação das abelhas melíferas há informação de parentesco no lado materno, neste caso, abelhas operárias (animal), mãe das abelhas operárias (rainha) e avó (rainha).

Os efeitos aleatórios genético aditivo e residual foram considerados pelos modelos para todas as características. Os modelos incluíram os efeitos não-genéticos (fixos) de local para a característica produção de mel e mês-ano para o comportamento higiênico. Para rapidez de coleta de xarope, foram incluídos os efeitos de local, mês-ano e número de caixilhos, como covariável linear. Para percentagem de ácaros em abelhas adultas e produção de própolis os modelos incluíram os efeitos de local e mês-ano e de local e estação-ano, respectivamente.

Para estimação dos parâmetros em análise unicaracterística o modelo, na forma matricial, pode ser descrito como

$$y = X \beta + Za + \varepsilon,$$

sendo  $y$  = o vetor de observações,  $X$  é a matriz de incidência de níveis dos efeitos fixos ;  $\beta$  é o vetor de efeitos fixos;  $Z$  é a matriz de incidência dos valores

genéticos;  $a$  é o vetor de valores genéticos de cada animal e  $\varepsilon$  é o vetor de resíduos aleatórios.

Os modelos utilizados para estimação dos parâmetros genéticos, em análise bicaracterística, podem ser descritos como

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & 0 \\ 0 & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

sendo  $y_i$  é o vetor das observações do  $i$ -ésimo caráter;  $b_i$  é o vetor dos efeitos do  $i$ -ésimo caráter;  $u_i$  é o vetor dos efeitos aleatórios de animal do  $i$ -ésimo caráter;  $e_i$  é o vetor dos efeitos aleatórios residuais do  $i$ -ésimo caráter;  $X_i$  e  $Z_i$  são matrizes de incidência que relacionam as observações do  $i$ -ésimo caráter aos efeitos ambientais e aleatório de animal, respectivamente.

Assumiu-se que

$$\text{var} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} g_{11}A & g_{12}A & 0 & 0 \\ g_{21}A & g_{22}A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r_{12} & r_{12} \\ 0 & 0 & r_{21} & r_{22} \end{bmatrix}$$

sendo  $g_{11}$  a variância genética aditiva para efeitos diretos da característica 1;  $g_{12} = g_{21}$  a covariância genética aditiva entre ambas características;  $g_{22}$  a variância genética aditiva para efeitos diretos da característica 2;  $r_{ij}$  são os elementos de  $R$ , a matriz de (co)variância dos efeitos residuais.

As estimativas dos componentes de (co)variância e dos parâmetros genéticos foram obtidas pelo método Bayesiano e uso do programa MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampling in Animal Models*) desenvolvido por Van Tassel & Van Fleck (1995), que procede à estimação Bayesiana via técnica de Amostragem de Gibbs.

Os valores iniciais dos componentes de variância, requeridos pelo

programa MTGSAM, foram obtidos por meio de análises prévias considerando o método da Máxima Verossimilhança Restrita – REML e por valores publicados na literatura. Nas análises com MTGSAM, a forma da distribuição inicial dos parâmetros de interesse foi assumida como simétrica e o parâmetro de definição da forma ( $\nu$ ) da distribuição inicial foi assumido como quatro.

Os modelos foram analisados, primeiramente, gerando duas amostras-piloto que foram monitoradas quanto a convergência pelo teste de diagnóstico de Raftery & Lewis (1992), implementado no BOA (Bayesian Output Analysis), que gerou indicações do número de iterações, do descarte inicial e do intervalo de amostragem das análises consideradas pelo presente estudo. Em seguida, usando-se dessas indicações foram geradas cadeias de 20.000.000 e 100.000.000 de iterações, com descarte inicial de 200.000 e 500.000 iterações e intervalo de amostragem de 1.000 e 2.000 iterações, resultando em 19.800 e 49.750 amostras finais, para análise unicaracterística e bicaracterística, respectivamente. O critério de convergência adotado foi  $10^{-12}$  para análise unicaracterística e  $10^{-9}$  para bicaracterística. A monitoração da convergência das cadeias geradas pelo Amostrador de Gibbs foi realizada com base no valor da correlação serial calculada pelo programa Gibanal (Van Kaam, 1998), por meio de análise gráfica e pelos testes de diagnóstico de Raftery & Lewis (1992), Geweke (1992) e Heidelberger & Welch (1983) e erro de Markov, disponíveis no pacote estatístico BOA - Bayesian Output Analysis – (Smith, 2005), implementado no programa R (2010). Foram construídos os intervalos ou regiões de alta densidade para as estimativas dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos a 95% de probabilidade.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Convergência das cadeias

A convergência das cadeias foi satisfeita, não existindo evidência contra convergência pelos testes de diagnóstico de Raftery & Lewis (1992), Geweke (1992) e Heidelberger & Welch (1983), pela análise de correlação serial e pelo erro de Markov. O fator de dependência de Raftery & Lewis, que deve ser menor que 5,0, variou de 0,97 a 1,02. O valor  $p$  de Geweke foi sempre maior que 0,05. A convergência das cadeias passaram pelos testes de Heidelberger & Welch. A correlação serial foi próxima de zero, variando de -0,011 a 0,008, indicando que as amostras foram independentes. O erro de Markov, inversamente proporcional ao tamanho da cadeia de Gibbs (Sorensen et al., 1994), apresentou valores próximos de zero, variando de 0,0006 a 0,706, sugerindo que o tamanho das cadeias foi adequado. Além dos testes de diagnóstico de convergência, o monitoramento da convergência foi realizado por meio de análise gráfica, cujo objetivo é visualizar a estabilização do processo da geração das cadeias. Visando ilustrar esse procedimento gráfico, optou-se em apresentá-lo apenas para estimativas de herdabilidades e variâncias genéticas. As trajetórias das cadeias ao longo das iterações (à esquerda) e a aproximação da densidade *a posteriori* (à direita) das características são apresentadas nas Figuras 4 e 5.



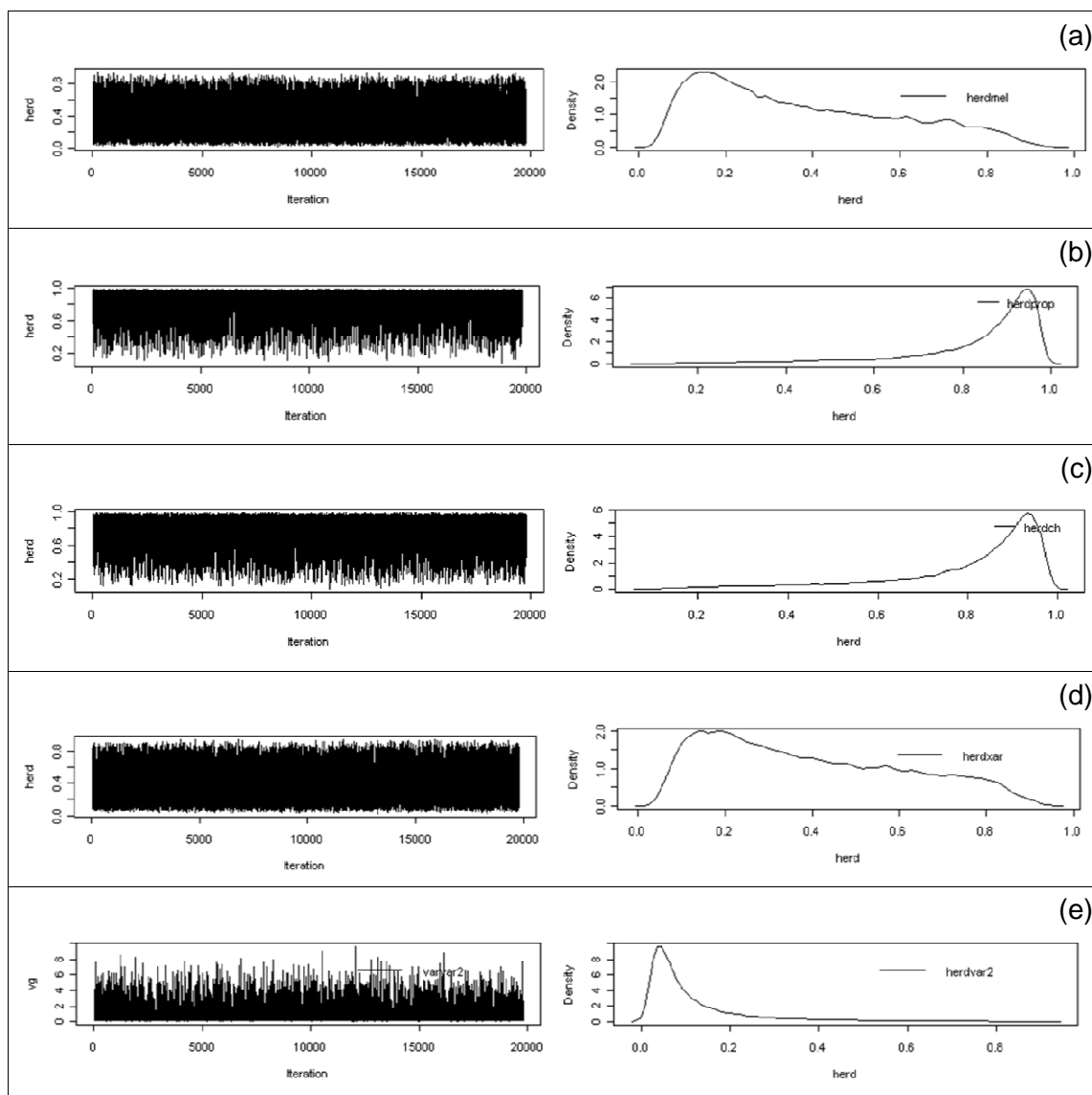


Figura 4 – Trajetória da cadeia ao longo das iterações e aproximação da densidade *a posteriori* das herdabilidades para (a) produção de mel, (b) produção de própolis, (c) comportamento higiênico, (d) rapidez de coleta de xarope e (e) porcentagem de ácaros em abelhas adultas.

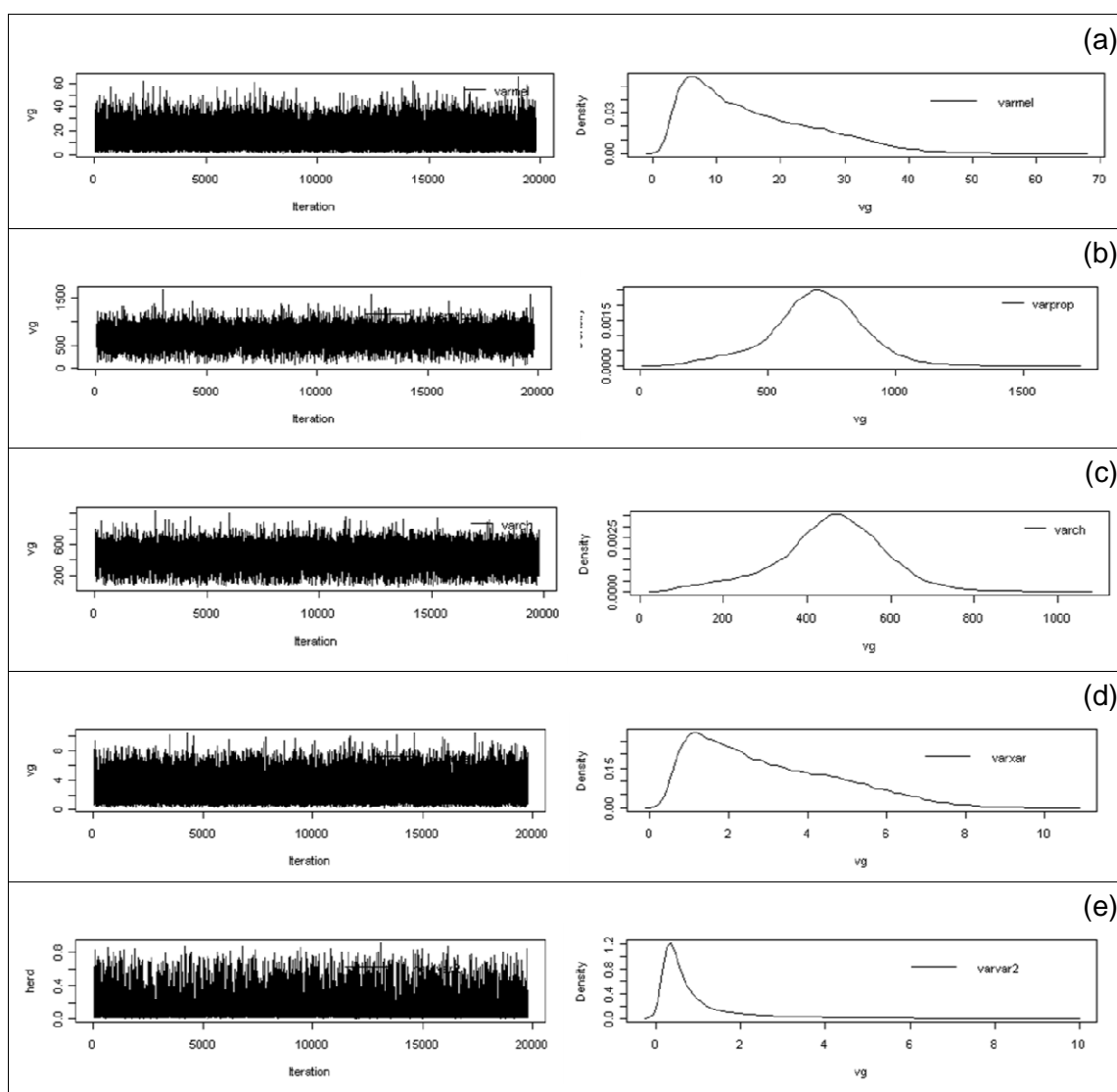


Figura 5 – Trajetória da cadeia ao longo das iterações e aproximação da densidade *a posteriori* das variâncias genéticas para (a) produção de mel, (b) produção de própolis, (c) comportamento higiênico, (d) rapidez de coleta de xarope e (e) percentagem de ácaros em abelhas adultas.

De acordo com as Figuras 4 e 5, observou-se que as cadeias se aproximaram de um valor constante ao longo das iterações, indicando indícios de convergência. Nota-se também que essas cadeias foram amplas e apresentaram valores altos ou baixos, os quais provavelmente podem estar causando a assimetria à esquerda ou à direita. As variâncias genéticas para produção de própolis e comportamento higiênico apresentaram menor dispersão, ou seja, as estimativas para esses componentes são mais precisas.

## 5.2. Herdabilidades e componentes de variâncias

A distribuição *a posteriori* contém informações de como os parâmetros genéticos e ambientais estão distribuídos e pode ser resumida por meio de medidas de tendência central (média e desvio-padrão, mediana e moda), de coeficiente de variação e de intervalos como o intervalo de credibilidade e/ou a região de alta densidade. A distribuição é simétrica, quando a média, mediana e moda são iguais. Em distribuições simétricas, o intervalo de credibilidade e a região de alta densidade coincidem e são equivalentes, mas em distribuições assimétricas a região de alta densidade indica que são mais frequentes valores mais altos (assimetria à esquerda) ou mais baixos (assimetria à direita) do parâmetro. Quanto menor for a amplitude do intervalo, mais concentrada é a distribuição do parâmetro. O coeficiente de variação é uma medida de dispersão relativa da média, que quando superior a 50% sugere alta dispersão e quanto maior for este valor, menos representativa será a média e, nesse caso, opta-se pela mediana ou moda, não existindo uma regra prática para a escolha de uma destas medidas.

A variância fenotípica é a variância total da população e inclui efeitos genéticos e não-genéticos. As distribuições *a posteriori* da variância fenotípica obtidas por análises unicaracterísticas (Tabela 1) apresentaram distribuição aproximadamente simétrica e coeficiente de variação abaixo de 20% para todas as características, o que indica precisão desses parâmetros. As características comportamento higiênico e produção de própolis apresentaram as variâncias fenotípicas com as maiores magnitudes, seguido da produção de mel. As menores magnitudes foram obtidas para rapidez de coleta de xarope e

percentagem de ácaros em abelhas adultas.

As distribuições *a posteriori* das variâncias genéticas (Tabela 1) foram aproximadamente simétricas e apresentaram baixo coeficiente de variação (26,19% e 28,32%) para produção de própolis e comportamento higiênico, indicando que essas médias são estimativas confiáveis desses componentes. As variâncias residuais apresentaram assimetria positiva e coeficiente de variação alto (97,28 e 92,3%). A produção de mel e a rapidez de coleta de xarope apresentaram distribuições assimétricas e coeficiente de variação alto (64,21% e 60,74%) para as variâncias genéticas *a posteriori* e coeficientes baixos (39,63 e 40,43) para as residuais. Nesse caso, devido a maior dispersão das variâncias genéticas, a moda não é uma representante confiável dessas distribuições, devendo-se utilizar a média como medida, pois está mais próxima da mediana. A característica percentagem de ácaros em abelhas adultas foi a que apresentou o maior coeficiente de variação para a variância genética (114%), indicando baixa precisão na estimativa. A variância residual, por outro lado, é aproximadamente simétrica e com baixo coeficiente de variação (20,69%).

As estimativas da distribuição *a posteriori* da herdabilidade obtidas pelas análises unicaracterísticas para comportamento higiênico e produção de própolis apresentaram pequena assimetria e baixo coeficiente de variação (19,28 e 20,99%), permitindo concluir que as estimativas desses componentes são as mais precisas e confiáveis entre as cinco características. Além disso, as regiões de alta densidade (0,40 e 0,47 a 0,98) sugerem que há maior probabilidade de os valores das herdabilidades estarem mais próximos do

limite superior que do limite inferior do intervalo. As estimativas de herdabilidade *a posteriori* para produção de mel e rapidez de coleta de xarope foram assimétricas e pouco precisas (coeficiente de variação > 50%) com um intervalo de alta densidade amplo e nesse caso tanto a média como a mediana coincidiram, sendo que a moda não representa adequadamente o valor central da distribuição. A característica percentagem de ácaros em abelhas adultas foi a que apresentou a menor estimativa média de herdabilidade, com uma distribuição assimétrica, cuja média apresentou dispersão alta (108,33%). Além disso, a região de alta densidade (0,01 a 0,41) indica que há maior probabilidade de o parâmetro estar mais próximo do limite inferior que do limite superior.

Tabela 1 – Estimativas das distribuições *a posteriori* das herdabilidades e dos componentes de variância obtidos em análise unicaracterística

Parâmetro	Média	Desvio-padrão	CV (%)	Mediana	Moda	Erro de Markov	Região de alta densidade	
							Mínimo	Máximo
Produção de mel								
$\sigma^2_a$	15,34	9,85	64,21	12,95	6,39	0,07000	2,01	34,55
$\sigma^2_e$	26,32	10,43	39,63	26,90	30,18	0,07682	6,19	44,48
$\sigma^2_p$	41,66	6,41	15,39	41,09	39,22	0,04360	30,01	54,32
$h^2$	0,37	0,22	59,46	0,32	0,15	0,00163	0,06	0,8
Produção de própolis								
$\sigma^2_a$	690,61	180,86	26,19	697,33	696,60	1,31749	293,61	1.039,09
$\sigma^2_e$	133,93	130,29	97,28	85,96	43,84	0,97480	12,34	424,33
$\sigma^2_p$	824,54	134,14	16,27	811,10	784,63	1,10588	577,97	1089,95
$h^2$	0,83	0,16	19,28	0,89	0,95	0,00116	0,47	0,98
Comportamento higiênico								
$\sigma^2_a$	457,66	129,59	28,32	465,85	469,99	0,94991	160,39	694,03
$\sigma^2_e$	108,75	100,38	92,3	71,46	36,80	0,86450	10,00	335,94
$\sigma^2_p$	566,41	90,05	15,9	557,55	520,12	0,57781	407,43	752,85
$h^2$	0,81	0,17	20,99	0,87	0,94	0,00153	0,40	0,98

Parâmetro	Média	Desvio-padrão	CV (%)	Mediana	Moda	Erro de Markov	Região de alta densidade	
							Mínimo	Máximo
Rapidez de coleta de xarope								
$\sigma_a^2$	2,98	1,81	60,74	3,67	1,23	0,01303	0,41	6,45
$\sigma_e^2$	4,60	1,86	40,43	4,69	5,36	0,01390	0,99	7,68
$\sigma_p^2$	7,58	1,07	14,12	7,48	7,22	0,00693	5,58	9,68
$h^2$	0,39	0,22	56,41	0,35	0,19	0,00163	0,06	0,81
Porcentagem de ácaros em abelhas adultas								
$\sigma_a^2$	0,89	1,02	114,61	0,52	0,28	0,00767	0,07	3,1
$\sigma_e^2$	6,67	1,38	20,69	6,77	6,76	0,01075	3,62	9,35
$\sigma_p^2$	7,56	1,01	13,36	7,48	7,23	0,00798	5,66	9,55
$h^2$	0,12	0,13	108,33	0,07	0,04	0,00096	0,01	0,41

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade, CV(%) = coeficiente de variação

As distribuições *a posteriori* das herdabilidades para produção de mel e rapidez de coleta de xarope obtidas pelas análises bicaracterísticas (Tabela 2) apresentaram distribuições simétricas e valores médios superiores aos valores obtidos em análise unicaracterística, porém o intervalo de alta densidade e o coeficiente de variação permaneceram iguais, o que indica que não houve aumento de precisão nessas estimativas. Para produção de própolis apesar do decréscimo nas variâncias fenotípicas e genéticas, os resultados foram semelhantes ou próximos aos estimados pelas análises unicaracterísticas. As estimativas *a posteriori* para comportamento higiênico foram, em geral, semelhantes e o menor valor médio de herdabilidade *a posteriori* continua dentro da faixa considerada como herdabilidade alta a muito alta. Foi verificada diminuição dos coeficientes de variação para porcentagem de ácaros em abelhas adultas em análise bicaracterística, o que pode ser atribuído, em parte, ao maior número de iterações.

Tabela 2 - Valores médios das distribuições *a posteriori* das herdabilidades e dos componentes de variância obtidos em cada análise bicaracterística

Parâmetro	Média	Desvio-padrão	CV (%)	Mediana	Moda	Erro de Markov	Região de alta densidade	
							Mínimo	Máximo
Produção de mel								
$\sigma_a^2$	19,65	10,64	54,15	18,17	16,21	0,04648	2,48	39,76
$\sigma_e^2$	22,63	10,75	47,50	21,85	20,65	0,04856	3,29	42,24
$\sigma_p^2$	42,28	7,55	17,86	41,41	39,90	0,03444	28,69	57,38
$h^2$	0,47	0,23	48,94	0,46	0,45	0,00102	0,10	0,87
Produção de própolis								
$\sigma_a^2$	457,01	130,62	28,58	453,81	443,76	0,55402	192,13	720,87
$\sigma_e^2$	95,97	88,30	92,01	65,43	28,63	0,34554	7,08	280,60
$\sigma_p^2$	552,98	108,16	19,56	539,61	514,59	0,48940	362,75	770,71
$h^2$	0,83	0,16	19,28	0,88	0,95	0,00063	0,49	0,99
Comportamento higiênico								
$\sigma_a^2$	407,28	143,85	35,32	405,19	379,40	0,70602	132,25	676,74
$\sigma_e^2$	154,16	119,73	77,67	124,84	34,06	0,50027	9,02	387,56
$\sigma_p^2$	561,44	102,11	18,19	549,43	522,65	0,45637	380,05	766,07
$h^2$	0,73	0,21	28,77	0,77	0,94	0,00091	0,33	0,98
Rapidez de coleta de xarope								
$\sigma_a^2$	3,27	1,78	54,43	3,10	2,79	0,01000	0,34	6,56
$\sigma_e^2$	3,77	1,81	48,01	3,60	3,12	0,00823	0,60	7,14
$\sigma_p^2$	7,05	1,20	17,02	6,91	6,66	0,00539	4,89	9,46
$h^2$	0,46	0,23	50,00	0,45	0,46	0,00103	0,08	0,86
Porcentagem de ácaros em abelhas adultas								
$\sigma_a^2$	1,56	1,11	71,15	1,31	1,08	0,00519	0,16	3,66
$\sigma_e^2$	5,82	1,49	25,6	5,78	5,61	0,00647	2,95	8,87
$\sigma_p^2$	7,39	1,24	16,78	7,25	6,99	0,00503	5,16	9,84
$h^2$	0,19	0,14	73,68	0,16	0,13	0,00064	0,03	0,45

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade

### 5.3. Correlações e covariâncias genéticas e residuais

As estimativas médias de correlações e covariâncias tanto genéticas quanto residuais (Tabelas 3 e 4) apresentaram, em geral, regiões de alta densidade com intervalos amplos e desvios-padrão altos, que variaram de

valores negativos a positivos devido a alta dispersão dos dados em torno da média. Essas distribuições *a posteriori* para as covariâncias e correlações apresentaram esses resultados devido ao pequeno volume de dados e a uma *priori* pouco informativa utilizada na análise ( $v=4$ ). As médias de correlações genéticas *a posteriori* foram negativas entre a percentagem de ácaros em abelhas adultas e as demais características (produção de mel, produção de própolis, comportamento higiênico e rapidez de coleta de xarope). A estimativa de correlação genética entre percentagem de ácaros e produção de mel ( $-0,63 \pm 0,39$ ) apresentaram as maiores médias e menores intervalos de alta densidade, indicando que o aumento na produtividade de mel está relacionado as menores percentagens de ácaros em abelhas adultas. As estimativas médias *a posteriori* das correlações genéticas entre produção de mel e comportamento higiênico ( $-0,11 \pm 0,41$ ), entre rapidez de coleta de xarope e comportamento higiênico ( $0,05 \pm 0,43$ ) e entre percentagem de ácaros e produção de própolis ( $-0,07 \pm 0,50$ ) foram baixas (próximas de zero) e com alta dispersão da média. As médias de correlação genética *a posteriori* entre produção de mel e produção de própolis ( $0,20 \pm 0,43$ ), comportamento higiênico e produção de própolis ( $0,23 \pm 0,31$ ) e entre rapidez de coleta de xarope e produção de mel ( $0,21 \pm 0,51$ ) apresentaram valores positivos e de baixa magnitude, sendo a estimativa mais precisa a correlação entre coleta de xarope e produção de própolis ( $0,45 \pm 0,33$ ). Em geral, as médias das covariâncias e correlações residuais foram positivas, apresentando valores negativos apenas entre percentagem de ácaros, produção de própolis e comportamento higiênico. Valores positivos indicam que uma melhoria no



ambiente, possivelmente, atuará no mesmo sentido nas duas características.

Tabela 3 - Estimativas médias e desvio-padrão de correlações genéticas (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal) das características apícolas

	Produção de mel	Produção de própolis	Comportamento higiênico	Rapidez de coleta de xarope	Porcentagem de ácaros
Produção de mel	-	0,20 ± 0,43 (-0,60-0,89)* 0,0013**	- 0,11 ± 0,41 (-0,85-0,63)* 0,0018**	0,21 ± 0,51 (-0,66-0,96)* 0,0017**	- 0,63 ± 0,39 (-0,98-0,28)* 0,0015**
Produção de própolis	0,32 ± 0,49 (-0,63-0,96)* 0,0021**	-	0,23 ± 0,31 (-0,35-0,87)* 0,0013**	0,45 ± 0,33 (-0,21-0,94)* 0,0016**	- 0,07 ± 0,50 (-0,86-0,77)* 0,0023**
Comportamento higiênico	0,49 ± 0,49 (-0,60-0,98)* 0,0028**	0,14 ± 0,57 (-0,82-0,96)* 0,0023**	-	0,05 ± 0,43 (-0,76-0,76) 0,0021**	- 0,19 ± 0,51 (-0,93-0,71)* 0,0023**
Rapidez de coleta de xarope	0,29 ± 0,46 (-0,55-0,95)* 0,0019**	0,37 ± 0,46 (-0,53-0,96)* 0,0019**	0,75 ± 0,30 (0,05-0,99)* 0,0014**	-	- 0,41 ± 0,51 (-0,96-0,68)* 0,0021**
Porcentagem de ácaros	0,65 ± 0,37 (-0,12-0,99)* 0,0017**	- 0,10 ± 0,46 (-0,83-0,77)* 0,00196**	- 0,49 ± 0,39 (-0,96-0,36)* 0,0021**	0,50 ± 0,32 (-0,09-0,95)* 0,0015**	-

\*Região de alta densidade, \*\*Erro de Markov

Tabela 4 – Estimativas médias e desvio-padrão de covariâncias genéticas (acima da diagonal) e residuais (abaixo da diagonal)

	Produção de mel	Produção de própolis	Comportamento higiênico	Rapidez de coleta de xarope	Porcentagem de ácaros
Produção de mel	-	15,87 ± 29,96 (-40,41-74,64)* 0,1088**	- 6,17 ± 34,97 (-0,66-64,60)* 0,1621**	1,6 ± 3,71 (-5,13-8,61)* 0,0130**	- 5,69 ± 3,9 (-12,23-2,66)* 0,0514**
Produção de própolis	18,8 ± 29,14 (-36,55-76,29)* 0,1068**	-	94,66 ± 112,85 (-133,8-308,4)* 0,5299	13,98 ± 11,1 (-7,55-35,08)* 0,0486**	- 1,46 ± 9,17 (-20,11-16,70)* 0,04045**
Comportamento higiênico	28,61 ± 32,62 (-0,35-90,77)* 0,1513**	21,03 ± 89,65 (-154,9-224,7)* 0,3760**	-	3,92 ± 12,27 (-17,11-28,26)* 0,0568**	- 3,17 ± 9,53 (-23,30-14,42)* 0,0438**
Rapidez de coleta de xarope	2,34 ± 3,76 (-4,72-9,21)* 0,0148**	7,69 ± 10,61 (-11,04-28,62)* 0,0454**	17,69 ± 11,64 (-2,68-41,02)* 0,0540**	-	- 0,88 ± 1,18 (-3,09-1,44)* 0,0048**
Porcentagem de ácaros	6,39 ± 3,84 (-2,30-12,61) 0,0172**	- 3,05 ± 10,06 (-23,18-16,24)* 0,0475**	- 10,37 ± 9,61 (-29,67-8,30)* 0,0501**	1,90 ± 1,26 (-0,70-4,19)* 0,0056**	-

\*Regiões de alta densidade, \*\*Erro de Markov

## 6. DISCUSSÃO

### 6.1. Herdabilidades

A média da distribuição *a posteriori* da herdabilidade para produção de mel ( $0,37 \pm 0,22$ ) é uma estimativa moderada, o que indica ser possível haver ganhos genéticos com a seleção. Estimativas encontradas na literatura variam de 0,20 a 0,58, conforme o método de estimação e efeitos ambientais incluídos nos modelos estatísticos (Soller & Bar-Cohen, 1967; Bienefeld & Pirchner, 1990). Soller & Bar-Cohen (1967) e Bar-Cohen (1978), por exemplo, usaram métodos convencionais de estimação. Bienefeld & Pirchner (1990) utilizou a Máxima Verossimilhança Restrita para estimar parâmetros genéticos em abelhas melíferas cárnicas, enquanto Costa-Maia (2009) e Pickler (2009) usaram a Inferência Bayesiana para populações de abelhas melíferas africanizadas no Brasil.

A característica rapidez de coleta de xarope apresentou resultados semelhantes ou próximos da característica produção de mel. A estimativa média da distribuição *a posteriori* da herdabilidade ( $0,39 \pm 0,22$ ) apresentada na Tabela 1 é uma estimativa moderada. Trabalhos clássicos como o de Malaspina & Stort (1987) simularam o comportamento de coleta de alimento na natureza por meio de copos com xarope colocados a distância da colmeia. Esses autores mediram o tempo que as abelhas levam para ir e voltar até a

colméia e realizar o comportamento de dança no seu interior para recrutar mais abelhas para coletar alimento. Nesse estudo, essa característica foi medida de forma diferente, sendo possível apenas observar uma quantidade de xarope coletado em determinado período de tempo (12 horas) a partir de recipientes de vidro de 600 mL com tampas perfuradas colocados dentro da colmeia. O xarope é usado juntamente com a pasta proteica como forma de alimentação das colmeias na entressafra e de se obter colmeias com população de abelhas suficiente e com idade de campeira, visando a produção de mel e/ou própolis. Na prática, o apicultor que pretende colher mel, por exemplo, e conhece a época da florada alimenta as abelhas com xarope e/ou pasta proteica aproximadamente 40 dias antes, para que o enxame cresça até antes da florada e não durante a florada, garantindo assim que haja produção (Wiese, 2005). A opção, nesse estudo, foi aproveitar o momento de alimentação das colmeias (com vidros de xarope dentro da melgueira) e medir a rapidez em que as abelhas coletavam e armazenavam o xarope. O alimentador tipo Boardman (colocado no alvado) não foi utilizado, para não atrair bugios, que são animais típicos da região e frequentemente visitavam os apiários.

A característica produção de própolis é uma característica muito importante para o mercado apícola por dois motivos: é um produto de alto valor agregado e está relacionado a sanidade das abelhas na colmeia. Assim, é uma característica de grande importância para a Apicultura brasileira que deve ser incentivada por programas de seleção e produção de rainhas. Os resultados obtidos nesse estudo mostraram que essa característica é altamente herdável, conforme indica a estimativa média da distribuição *a posteriori* da herdabilidade

( $0,83 \pm 0,16$ ), possibilitando ganhos genéticos significativos. Esses resultados indicam, portanto, que a maior parte da variação total é atribuída a variância genética aditiva, sendo as variações ambientais de menor efeito sobre a característica.

A estimativa de herdabilidade *a posteriori* (Tabela 1) para comportamento higiênico também apresentou valor de herdabilidade considerado alto ( $0,81 \pm 0,17$ ), permitindo resposta a seleção genética. Nessa característica, os valores de parâmetros genéticos podem variar devido aos diferentes métodos de análise utilizados. Pickler (2009) estimou um valor médio *a posteriori* de 0,52 para abelhas africanizadas, utilizando métodos Bayesianos e Stanimirovic (2008), usando um método de regressão mãe-filha, obteve um valor de 0,63 para abelhas melíferas cárnicas.

Diferentemente das demais características, a porcentagem de ácaros (*Varroa destructor*) em abelhas adultas apresentou variância residual maior que a variância genética aditiva, o que se refletiu na baixa estimativa de herdabilidade média da distribuição *a posteriori* ( $0,12 \pm 0,13$ ), o que indica que a seleção direcionada para menor porcentagem de ácaros em abelhas adultas acarretará pequenos ganhos genéticos. Não há estimativas de herdabilidade relatadas na literatura para porcentagem de ácaros em abelhas adultas. Nesse estudo, objetivou-se medir o que pode ser definido como a “capacidade” das abelhas adultas na colmeia em manter a população de ácaros em determinados níveis por meio de mecanismos de tolerância. A interação entre o ácaro *Varroa destructor* e a abelha melífera depende da fertilidade da fêmea do ácaro (e virulência dos ácaros) e de mecanismos de tolerância da abelha aos

ácaros que infestam a cria e parasitam também as abelhas adultas. Dentre os mecanismos de tolerância que podem determinar as taxas de infestação de ácaros nos favos de cria e em abelhas adultas incluem o comportamento higiênico e o comportamento de *grooming*. O comportamento higiênico é a habilidade de detectar, desopercular e remover pupas de operárias doentes e/ou infestadas por ácaros de dentro do alvéolo, interrompendo o ciclo reprodutivo do ácaro e diminuindo a sua população (Fries et al.; 1994 e Fries et al. 1996). No *grooming*, as abelhas adultas detectam e removem ácaros foréticos de seus próprios corpos (*auto-grooming*) e dos corpos das companheiras (*allo-grooming*) (Peng et al., 1987; Stanimirovic et al, 2005). Boecking et al. (2000) estimou a herdabilidade para comportamento higiênico voltado para células de cria infestadas por ácaros em  $0,18 \pm 0,27$ . Stanimirovic et al. (2010) obteve estimativas de herdabilidade para *grooming* defensivo (*allo-grooming*) que variaram de  $0,16 \pm 0,01$  a  $0,49 \pm 0,02$ . A magnitude das estimativas de herdabilidade relatados por esses autores corrobora com o baixo valor de herdabilidade obtido nesse estudo, pois em última análise, a porcentagem de ácaros em abelhas adultas é o “resultado” da interação entre ácaros (taxa de fertilidade etc) e abelhas melíferas (mecanismos de tolerância da abelha melífera).

## **6.2. Correlações genéticas e residuais**

A infestação de ácaros *Varroa destructor* em abelhas melíferas diminui o tamanho individual de cada abelha e a média de vida das abelhas, afetando a produtividade da colméia. Os resultados de correlação genética

indicam que produção de mel, comportamento higiênico e rapidez de coleta de xarope estão associados a menores percentagens de ácaros em abelhas adultas, porém devido a baixa herdabilidade, a característica percentagem de ácaros em abelhas adultas não é recomendada como um único critério para selecionar previamente colmeias mais produtivas, devendo ser utilizado como um critério auxiliar. A correlação genética entre produção de mel e percentagem de ácaros ( $-0,63 \pm 0,39$ ) foi alta, indicando que a seleção para abelhas mais produtivas está associada com menor infestação por ácaros. Em relação a correlação entre comportamento higiênico e percentagem de ácaros ( $-0,19 \pm 0,51$ ), o valor obtido indica que as características estão associadas, pois abelhas mais higiênicas quebram o ciclo de reprodução do ácaro dentro do favo, que, conseqüentemente, se refletirá em menos abelhas adultas parasitadas. A correlação entre percentagem de ácaros e produção de própolis ( $-0,07 \pm 0,50$ ) foi muito baixa, o que indica que não há correlação genética entre essas características devido aos comportamentos envolvidos serem distintos. A produção de mel e a rapidez de coleta de xarope são características teoricamente associadas, pois são relacionadas a coleta e armazenamento de alimento, porém a correlação genética estimada foi baixa ( $0,21 \pm 0,51$ ), indicando que a seleção de abelhas que coletam xarope mais rapidamente, prevendo maior produção de mel, promoverá pequeno ganho genético. As correlações entre comportamento higiênico e as características produção de mel ( $-0,11 \pm 0,41$ ) e rapidez de coleta de xarope ( $0,05 \pm 0,43$ ) foram muito baixas não havendo evidências de associação genética entre as características. As correlações genéticas entre produção de própolis e as

características comportamento higiênico ( $0,23 \pm 0,31$ ) e produção de mel ( $0,20 \pm 0,43$ ) foram baixas, indicando que haverá pequenos ganhos genéticos na produção de mel ou comportamento higiênico ao selecionar para maior produção de própolis.

## **7. CONCLUSÕES GERAIS**

A produção de própolis, produção de mel, comportamento higiênico e rapidez de coleta de xarope apresentam potencial para uso nos procedimentos de seleção genética de rainhas. A percentagem de ácaros em abelhas adultas não deve ser utilizada como único critério de seleção, sendo recomendado apenas como critério auxiliar.

Os baixos valores de correlação genética e a alta dispersão em torno da média, que pode ser verificada pelos amplos intervalos das regiões de alta densidade, ressaltam a importância do controle dos acasalamentos por meio de inseminação instrumental de rainhas e a melhoria dos métodos de medição.

Atualmente, além de aumentar a produção de mel e própolis, é importante manter a sanidade das abelhas melíferas a longo prazo sem a utilização de acaricidas ou antibióticos, por isso é recomendável a seleção de múltiplos mecanismos de resistência ou tolerância a doenças e parasitas, iniciando por características de alta herdabilidade como comportamento higiênico e produção de própolis.



## 8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, S.M.; AGUIAR, C.L.; GUZMÁN, J.P.; PARK, Y.K. Composição química de *Baccharis dracunculifolia*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, p. 909-915, 2005.

ANDERSON, D.L. Variation in the parasitic bee mite *Varroa jacobsoni* Oud. **Apidologie**, Paris, v.31, p.281-292, 2000.

ANDERSON, D.L.; TRUEMAN, J.W. *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae) is more than one species. **Experimental and Applied Acarology**, Netherlands, v.24, p.165-189, 2000.

ANDERSON, DL.; FUCHS, S. Two genetically distinct populations of *Varroa jacobsoni* with contrasting reproductive abilities on *Apis mellifera*. **Journal of Apicultural Research**, Cardiff, England, v.37, p.69-78, 1998.

AZEVEDO, A.L.G.; PEREIRA, F.M.; COUTO, R.H.N.; MALHEIROS, E.B. Velocidade de coleta de xarope em laboratório realizada por operárias provenientes de colméias de *apis mellifera* selecionadas para a produção de geléia real. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 11. Teresina. **Anais...** Teresina: Confederação Brasileira de Apicultura, 1996. 1 CD-ROM.

AUMEIER, P.; ROSENKRANZ, P.; GONÇALVES, L.S. A comparison of the hygienic response of Africanized and European (*Apis mellifera carnica*) honey bees to *Varroa*-infested brood in tropical Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, SP, v.23, n.4, p.787-791, 2000.

BANKOVA, V. Chemical diversity of propolis and the problem of standardization. **Journal of Ethnopharmacology**, Amsterdam, v.100, p.114-117, 2005.

BAR-COHEN, R.; ALPERN, G.; BAR-ANAN, R. Progeny testing and selecting Italian queens for brood area and honey production. **Apidologie**, v.9, p.95-100, 1978.

BIENEFELD, K.; EHRHARDT, K.; REINHARDT, F. Genetic evaluation in the honey bee considering queen and worker effects – A BLUP-Animal Model approach. **Apidologie**, Paris, v.38, p.77-85, 2007.

BIENEFELD, K.; PIRCHNER, F. Heritabilities for several colony traits in the honeybee (*Apis mellifera carnica*). **Apidologie**, Paris, v.21, p. 175–183, 1990.

BIENEFELD, K.; ZAUTKE, F.; PRONIN, D.; MAZEED, A. Recording the proportion of damaged *Varroa jacobsoni* Oud. in the debris of honey bee colonies (*Apis mellifera*), **Apidologie**, Paris, v.30, p.249-56, 1999.

BLOCHTEIN, B.; LOPES, L.A.; BRUNO, B.L.; MONDIN, C. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Abelhas sem ferrão no Rio Grande do Sul: distribuição geográfica, árvores importantes para nidificação e sustentabilidade regional. **Mensagem doce** (Associação Paulista de Apicultores, Criadores de Abelhas Melíficas Europeias), São Paulo, v.100, p.46-50, 2009.

BOECKING O.; SPIVAK M. Behavioral defenses of honey bees against *Varroa jacobsoni* Oud., **Apidologie**, Paris, v.30, p. 141–158, 1999.

BOECKING, O.; BIENEFELD, K.; DRESCHER, W. Heritability of the Varroa-specific hygienic behaviour in honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Berlin, v.117, p.417-424, 2000.

BOECKING, O.; DRESCHER, W. Research on Varroa resistant traits in European honey bee races. **EUROBEE AIR3-CT94-1064**, EU, Brussels (final report), 1988, 22 p.

BOECKING, O.; DRESCHER, W. The removal response of *Apis mellifera* L. colonies to brood in wax and plastic cells after experimental and natural infestation with *Varroa jacobsoni* Oud. to freeze-killed brood. **Experimental and Applied Acarology**, Netherlands, v.16, p.321-329, 1992.

BOGDANOV, S. Contaminants in bee products. **Apidologie**, Paris, v.37, p.1-18, 2006.

BÖHLKE, P.B.; PALMEIRA, E.M. Inserção competitiva do pequeno produtor de mel no mercado internacional. **Revista académica de economía**, [Málaga], v.71, 2006.

BRASIL. Portaria nº 248 de 30 de dezembro de 1998. Pesquisa de *Paenobacillus larvae* em mel. Diário oficial da União [Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento], Brasília, 5 jan. 1999. seção 1, p.13-15.

BREYER, H.F.E. Aspectos de produção, coleta, limpeza, classificação e acondicionamento de própolis bruta de abelhas *Apis mellifera*. In: Simpósio estadual de apicultura do paraná e exposição de equipamentos e materiais apícolas, 7., 1995, Prudentópolis. **Anais...Prudentópolis**, 1995. p.143.

BRIGHENTI, D.M.; C. R. GUIMARÃES. Desenvolvimento de coletor de própolis de alta qualidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 13. Florianópolis. **Anais... Florianópolis**: CBA, 2000, 1 CD-Room.

BURDOCK, G.A. Review of the biological properties and toxicity of bee propolis. **Food and Chemical Toxicology**, Elsevier, v.36, p.347-63, 1998.

CARNEIRO JR., J.M.; ASSIS, G.M.L.; EUCLYDES, R.F.; TORRES, R.A.; LOPES, P.S. Estimação de componentes de variância utilizando-se inferência Bayesiana e freqüentista em dados simulados sob heterogeneidade de variâncias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.5, p.1539-1548, 2007.

CARNEIRO, F.E.; TORRES, R.R.; STRAPAZZON, R.; RAMÍREZ, S.A. et al. Changes in the reproductive ability of the mite *Varroa destructor* (Anderson & Trueman) in Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) colonies in southern Brazil. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.36, p.949-952, 2007.

COLLET, T. Estrutura genética das populações de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) do Brasil determinada por meio de polimorfismos do DNA mitocondrial. 2004. 66f. Dissertação (Mestrado em Genética e Evolução) Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP. 2004.

COLLINS, A.M.; RINDERER, T.; HARBO, J.; BROWN, M. Heritabilities and correlations for several characters in honeybee. **The journal of heredity**, Washington, D.C., v.75, n.2, p. 135-140, 1984.

COSTA-MAIA, F.M. Aspectos genéticos da produção de mel e comportamento higiênico em abelhas *Apis mellifera* africanizadas. 2009. 96f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2009.

CROW, J.F.; ROBERTS, W.C. Inbreeding and homozygosity in bees. **Genetics**, Austin, v.35, p. 612-621, 1950.

CUNHA, P.M.; A. EVANGELISTA. Análise comparativa da produção de três diferentes métodos de coleta de própolis em colmeias de *Apis mellifera*. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 13. Florianópolis. **Anais...Florianópolis: CBA**, 2000, 1 CD-Room.

CURRIE, R.W.; TAHMASBI, G.H. The ability of high- and low-grooming lines of honey bees to remove the parasitic mite *Varroa destructor* is affected by environmental conditions, **Canadian Journal of Zoology**, Toronto, v.86, p.1059-1067, 2008.

DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, Cardiff-England, v.77, p. 67-70, 1996.

DE JONG, D.; ROMA, D. A.; GONÇALVES, L. S. A comparative analysis of shaking solutions for the detection of *Varroa jacobsoni* on adult honey bees. **Apidologie**, Paris, v.13, p.297-306, 1982.

DINIZ, N.M.; SOARES, A.E.E.S.; SHEPPARD, W.S.; LAMA, M.A. Genetic structure of honeybee populations from southern Brazil and Uruguay. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, SP, v.26, n.1, p.47-52, 2003.

DOOLITTLE, G.M. Mr. Doolittle's queen rearing methods. **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, USA, v.39, p.435-436, 1899.

DRUMOND, D. Abelhas indígenas sem ferrão. Disponível em: <<http://www.cpfac.embrapa.br/chefias/cna/artigos/abelhas.htm>>. Acesso em: 20 de mar. de 2011.

ENGELSDORP, D.; PETTIS, J. Preliminary Results: A Survey of Honey Bee Colonies Losses in the U.S. Between September 2008 and April 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedaily.com>>. Acessado em: 01 dez. 2009.

ENGELSDORP, D.; VAN OTIS, G.W. Application of a Modified Selection Index for Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, Maryland, USA, v. 93, n.6, p. 1606-1612, 2000.

ESPINOSA-MONTAÑO, L.G.; GUZMÁN-NOVOA, E.; ALEJANDRO SÁNCHEZ-ALBARRÁN, A.; MONTALDO, H.H.; CORREA-BENÍTEZ, A. Estudio comparativo de tres pruebas para evaluar el comportamiento higiénico en colonias de abejas (*Apis mellifera* L.). **Veterinaria México**, [S.l.], v.39, n.1, 2008.

FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; REYES, A.; LÔBO, R.B.; BEZERRA, L.A.F. Inferência Bayesiana e sua aplicação na avaliação genética de bovinos da raça nelore: revisão bibliográfica. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.1, p.75-86, 2007.

FRIES, I.; CAMAZINE, S.; SNEYD, J. Population dynamics of *Varroa jacobsoni*: a model and a review. **Bee World**, Cardiff-England, v.75, p.5-28, 1994.

FRIES, I.; HUAZHEN, W.; WEI, S.; SHU JIN, C. Grooming behavior and damaged mites (*Varroa jacobsoni*) in *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica*. **Apidologie**, Paris, v.27, p.3-11, 1996.

GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to calculating posterior moments. In: Bayesian Statistics 4, eds. J.M. Bernardo, J.O. Berger, A.P. Dawid and A.F.M. Smith. Oxford: Oxford University Press, 1992.

GHISALBERTI, E. Propolis : A review. **Bee World**, Cardiff-England, v. 60, n.1, p.59-84, 1979.

GILLIAM, M.; TABER, S. III; RICHARDSON G.V. Hygienic behavior of honey bees in relation to chalkbrood disease. **Apidologie**, Paris, v.14, p.29–39, 1983.

GIRARDI, G. Pesquisa liga vírus a sumiço das abelhas. Disponível em: <[www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=50362](http://www.jornaldaciencia.org.br/Detail.jsp?id=50362)>. Acesso em: 10 mar. 2011.

GLOBO RURAL. Silvicultura pode ajudar na ampliação da produção de mel no

Brasil. 02 de março de 2011. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

GONÇALVES, J.C.; MESSAGE, D.; TEIXEIRA, A.B.; PEREIRA, F.M.; LOPES, M.T.R. Comportamento Higiênico em Abelhas Africanizadas. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, v.82, p.5-16, 2008.

GONÇALVES, L.S. Principais impactos biológicos causados pela africanização das abelhas *Apis mellifera* e perspectivas da apicultura brasileira. Anais do III Encontro sobre Abelhas. Ribeirão Preto, SP, Brasil, p. 31-36, 1998.

GONÇALVES, L.S.; FRANCOY, T.M.; GRAMACHO, K.P. A contribuição da apimondia 2009 para as abelhas, sentinelas do meio ambiente e para os apicultores, os verdadeiros defensores das abelhas. Disponível em: <<http://www.apacame.org.br/mensagemdoce/104/apimondia.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

GRAMACHO, K.; GONÇALVES, L. Fatores que interferem nas atividades de abelhas *Apis mellifera* relacionadas ao comportamento higiênico. In: Encontro sobre abelhas, 4, 2000, Ribeirão Preto, **Anais...** Ribeirão Preto 2000. p.55-60. 1 CD-ROM.

GRAMACHO, K.P.; GONÇALVES, L.S.; ROSENKRANZ, P.; DE JONG, D. Influence of body fluid from pin-killed honey bee pupae on hygienic behavior. **Apidologie**, Paris, v.30, p.367-374, 1999.

GREGORC, A.; POGACNIK, A.; BOWEN, I.D. Cell death in honeybee (*Apis mellifera*) larvae treated with oxalic or formic acid. **Apidologie**, Paris, v.35, p.453-60, 2004.

GUERRA JR, J.C.V.; ISSA, M.R.C.; CARNEIRO, F.E.; STRAPAZZON, R.; MORETTO, G. RAPD identification of *Varroa destructor* genotypes in Brazil and other regions of the Americas. **Genetics and Molecular Research**, [S.l.], v.9, n.1, p.303-308, 2010.

GUERRA, J.R.; GONÇALVES, L.S.; JONG, D. Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) are more efficient at removing worker brood artificially infested with the parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans than are Italian bees or Italian/Africanized hybrids. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, SP, v.23, n.1, p.89-92, 2000.

GUZMAN, L.I.; RINDERER T.E.; STELZER, J.A. DNA evidence of the origin of *Varroa jacobsoni* Oudemans in the Americas. **Biochemical Genetics**, New York, v.35, p. 327-335, 1997.

GUZMAN, L.I.; RINDERER, T.E. Identification and comparison of *Varroa* species infesting honey bees. **Apidologie**, Paris, v.30, p.85-95, 1999.

GUZMAN, L.I.; RINDERER, T.E.; STELZER, J.A. DNA evidence of the origin of *Varroa jacobsoni* Oudemans in the Americas. **Biochemical Genetics**, New York, v.35, p.327-335, 1997.

HARRIS, J. W. Bees with varroa sensitive hygiene preferentially remove mite infested pupae aged < five days post capping. **Journal of Apicultural Research/Bee World**, Cardiff-England, v.46, p.134-139, 2007.

HARRIS, J.W. Effect of Brood Type on Varroa-Sensitive Hygiene by Worker Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). **Annals of the Entomological Society of America**, Lanham, MD, v.101, n.6, p.1137-1144, 2008.

HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research**, v.31, p.1109-1144, 1983.

HENDERSON, C.R. Inverse of a matrix of relationship to sires and maternal grandsires in an inbred population. **Journal of Dairy Science**, *Champaign*, v.59, p.1585–1588, 1976.

HOFFMANN, S. The occurrence of damaged mites in cage test and under field conditions in hybrids of different carniolan lines, **Apidologie**, Paris, v.24, p.493-5, 1993.

HOFFMANN, S. Untersuchungsmethoden und analyse der quantitativ genetischen basis unterschiedlicher Varroatose-Anfälligkeit von bienevölkern der carnica-rasse (*Apis mellifera carnica* Pollmann), PhD dissertation, Universität Bonn, 1996.

IBRAHIM, A.; SPIVAK, M. The relationship between hygienic behavior and suppression of mite reproduction as honey bee (*Apis mellifera*) mechanisms of resistance to *Varroa destructor*. **Apidologie**, Paris, v. 37, p. 31-40, 2006.

INOUE, H.T.; SOUSA, E.A.; ORSI, R.O.; FUNARI, S.R.C.; BARRETO, L.M.R.C.; DIB, A.P. SILVA. Produção de própolis por diferentes métodos de coleta. **Asociación Latinoamericana de Producción Animal**, [S.I.] v.15, n.2, p.65-69, 2007.

ITAGIBA, M.G.O.R., CRESPI, M.P.A., COLL, J.F.C., COUTINHO, L.S. 1994. Estudo da produção de própolis em colônias de abelhas africanizadas. In: ENCONTRO SOBRE ABELHAS. Ribeirão Preto. **Anais...Ribeirão Preto**, 1994, p.272.

KEFUSS, J.; TABER, S.; VANPOUCKE, J.; REY, F. A practical method to test for disease resistance in honey bees, **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, USA, v.136, p. 31-2, 1996.

KERR, W.E.The history of the introduction of African Bees to Brazil. **South African Bee Journal**, [S.I.], v.39, p.3-5, 1967.

KERR, W.E.; GONÇALVES, L.S.; BLOTTA, L.F. Biologia comparada entre as abelhas italianas (*Apis mellifera ligustica*), africanizadas (*Apis mellifera adonsonii*) e suas híbridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1970, p.151-185, 1970.

KOSALEC, I.; PEPELJNJAK, S.; BAKMAZ, M.; VLADIMIR-KNEZEVIC, S. Flavonoid analysis and antimicrobial activity of commercially available propolis product. **Acta pharmaceutica**, Zagreb, Croatia, v.55, p. 423-430, 2005.

KRAUS, F. B.; NEUMANN, P.; MORITZ, R. F. A. Genetic variance of mating frequency in the honeybee (*Apis mellifera* L.). **Insectes Sociaux**, Belgica, v.52, p.1-5, 2005.

KULINCEVIC, J.M.; ROTHENBUHLER, W.C. Laboratory and field measurements of hoarding behaviour in the honeybee (*Apis mellifera*). **Journal of Apicultural Research**, Cardiff-England, v. 12, p. 179-182, 1973.

KULINCEVIC, J.M.; THOMPSON, V.C.; ROTHENBUHLER, W.C. Relationship between laboratory tests of hoarding behaviour and weight gained by honeybee colonies in the field. **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, USA, v. 114, p. 93-94, 1974.

KUNZMANN, M.R; BUCHMANN, S.L.; EDWARDS, J.F. et al. Africanized bees in North America. Disponível em: <[www.biology.usgs.gov/s+t/noframe](http://www.biology.usgs.gov/s+t/noframe)>. Acesso em: 10 de março de 2011.

LIDLAW, H.H.; PAGE, R.E. Polyandry in honey bees (*Apis mellifera* L.): Sperm utilization and intracolony genetic relationship. **Genetics**, Austin, v.108, p. 985-997, 1984.

LAPIDGE, K.L.; OLDROYD, B.P.; SPIVAK, M. Seven suggestive quantitative trait loci influence hygienic behavior of honey bees. **Naturwissenschaften**, Berlin, Germany, v. 89, p. 565-68, 2002.

LENGLER, L.; MACHADO, J.A.D. Uma análise do comportamento empreendedor e do processo decisório de presidentes de associações apícolas do Rio Grande do Sul. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v.1, p. 469-480, 2008.

LIMA, M.G. A produção de própolis no Brasil. São João da Boa Vista: São Sebastião Editora e Gráfica, 2006, 120 pp.

LUSTOSA, S.R.; GALINDO, A.B.; NUNES, L.C.C.; RANDAU, K.P.; NETO, P.J.R. Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v. 18, n. 3, p. 447-454, 2008.

MALASPINA, O.; STORT, A.C. Sucrose Syrup-collecting behaviour in africanized and caucasian bees and in the descendants of their crossings.

**Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, SP, v. 10, n. 3, p. 459-469, 1987.

MANRIQUE, A.J.; SOARES, A.E.E. Início de um programa de seleção de abelhas africanizadas para a melhoria na produção de própolis e seu efeito na produção de mel. **Revista Interciência**, Caracas, v.27, n.6, Caracas jun. 2002.

MARCELINO, S.D.R.; LEMMA, A.F. Métodos de estimação de componentes de variância em modelos mistos desbalanceados. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.643-652, 2000

MARCUCCI, M.C.; FERRERES, F.; GARCÍA-VIGUERA, C.; BANKOVA, V.S.; DE CASTRO, S.L.; DANTAS, A.P.; VALENTE, P.H.M.; PAULINO, N. Phenolic compounds from Brazilian propolis with pharmacological activities. **Journal of Ethnopharmacology**, Ireland, v. 74, p.105-112, 2001.

McDOWELL, R. The Africanized honey bee in the Unites States: What will happen to the US beekeeping industry? Agricultural Economic Report (US Department of Agriculture, Washington, DC), n.519, 1984.

MELLO, M.H.S.H.; SILVA, E.A.; NATAL, D. Abelhas africanizadas em área metropolitana do Brasil: abrigos e influências climáticas. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v.37, n.2, p.237-241, 2003.

MERCADANTE, M.E.Z.; RAZOOK, A.G.; SILVA, J.A.V.; FIGUEIREDO, L.A. Escore de condição corporal de vacas da raça Nelore e suas relações com características de tamanho e reprodução. **Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal**, Maracaibo, v.14, n.4, p.143-147, 2006.

MEYER, M. "Propolis bees" and their activities. **Bee World**, Cardiff-England, v. 37, p. 25-36,1956.

MILANI, N. The resistance of *Varroa jacobsoni* Oud to acaricides, **Apidologie**, Paris, v.30, p. 229-34, 1999

MONDRAGÓN, L.; SPIVAK, M.; VANDAME, R. A multifactorial study of the resistance of honeybees *Apis mellifera* to the mite *Varroa destructor* over one year in Mexico, **Apidologie**, Paris, v.36, p. 345-58, 2005

MOOSBECKHOFER, R. Observations on reproduction rate of *Varroa jacobsoni* and the occurrence of mutilated mites in *Apis mellifera* carnica colonies, **Apidologie**, Paris, v.28, p.193-195, 1997.

MORETTO, G., GONÇALVES, L. S. & DE JONG, D. Analysis of the F1 generation, descendants of Africanized bee colonies with differing defense abilities against the mite *Varroa jacobsoni*. **Revista Brasileira de Genética**, v.18, n. 2, p. 177-179, 1995.



MORETTO, G.; GUERRA JR, J.C.V.; BITTENCOURT, C.V. Uncapping Activity of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) towards Worker Brood Cells Infested with the Mite *Varroa destructor* Anderson & Treuman (Mesostigmata: Varroidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.3, p.299-301, 2006.

MORETTO, G.; LEONIDAS, J.M. Infestation and distribution of the mite *Varroa destructor* in colonies of africanized bees. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, SP, v.63, n.1, p.83-86, 2003.

MORETTO, G.; GONÇALVES, L.S.; DE JONG, D.; BICHUETTE, M.Z. The effects of climate and bee race on *Varroa jacobsoni* Oud. in infestations in Brazil. **Apidologie**, Paris, v. 22. p.197-203, 1991.

MORITZ, R.F.A. A reevaluation of the two-locus model for hygienic behavior in honeybees (*Apis mellifera* L.), **Journal of Heredity**, Washington, DC, v.79, p. 257-262, 1988.

MORITZ, R.F.A. Estimating the genetic variance of group characters: social behaviour of honeybees (*Apis mellifera*). **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v.72, p.513-517, 1986.

MORITZ, R.F.A.; KRYGER, P.; ALLSOPP, M. Competition for royalty in bees. **Nature**, London, UK, v.384, p. 522, 1996.

MORITZ, R.F.A.; BRANDES, C. Behavior genetics of honeybees (*Apis mellifera* L.). In R. Menzel and A. Mercer [eds.], **Neurobiology and behavior of honey bees**. Springer, Berlin, 1987. pp. 21-35.

MORSE, R.; GONÇALVES, L. S. *Varroa* disease, a threat to World Beekeeping. **Gleanings in Bee Culture**, [S.l.], p.179-202, 1979.

MOSTAJERAN, M.; EDRISS, M.A.; BASIRI M.R. Analysis of Colony and Morphological Characters in Honey Bees (*Apis mellifera* meda). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, [S.l.], v. 9, n. 4, p. 2685-2688, 2006.

MOURA, L.P.P. Longevidade, produção de própolis e áreas de desenvolvimento de colmeias de *Apis mellifera* africanizada, submetida a quatro técnicas de coleta, em quatro períodos do ano. 2001. 111f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

MRODE, R.A. Linear models for the prediction of animal breeding values, 2nd ed., Wallingford, UK: CABI Publishing, 2005. 344p.

NAKAMURA, J., AND T. D. SEELEY. The functional organization of resin work in honeybee colonies. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, Estados Unidos, v.60, p. 339-349, 2006.

NEWTON, D. C.; OSTASIEWSKI, JR., N. J. A simplified bioassay for behavioral resistance to American foulbrood in honey bees (*Apis mellifera* L.). **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, USA, v. 126, n. 4, p.278-281, 1986.

NICODEMO, D.; COUTO, R.H.N.; MALHEIROS, E.B.; JONG, D. Viabilidade de crias de abelhas *Apis mellifera* relacionada com a produção de própolis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.44, p.1-3, 2007.

NOZAL, M.J.; BERNAL, J.L.; GÓMEZ, L.A.; HIGES, M.; MEANA, A. Determination of oxalic acid and other organic acids in honey and in some anatomic structures of bees, **Apidologie**, Paris, v.34, p. 181-8, 2003.

OLDROYD, B.P. Coevolution while you wait: *Varroa jacobsoni*, a new parasite of western honeybees. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, p. 312-5, 1999.

PANASIUK, B.; SKOWRONEK, W.; BIEŃKOWSKA, M. Influence of genotype and method of brood killing on brood removal rate in honey bee. **Journal of Apicultural Science**, Cardiff, Inglaterra, v. 52, n.2, 2008.

PARK, O.W. Testing for resistance to American foulbrood in honeybees. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, USA, v. 30, p. 504-512, 1937.

PENG, Y.S.; FANG, Y.; XU S.; GE, L.; NASR, M.E.. Response of foster Asian honey bee (*Apis cerana* Fabr.) colonies to the brood of European honey bee (*Apis mellifera* L.) infested with parasitic mite *Varroa jacobsoni* Oudemans. **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v.49, p.259-264, 1987.

PEREIRA, F.M.; LOPES, M.T.R.; CAMARGO, R.C.R.; VILELA, S.L.O. Produção de mel. EMBRAPA MEIO-NORTE, Sistema de Produção. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/importancia.htm>>. Acesso em: 25 mar. 2011.

PEREZ, L.H.; RESENDE, J.V.; FREITAS, B.B.; Exportações Brasileiras de Mel Natural no Período 2001 – 2003. **Revista Informações Econômicas**, IEA, SP, v.34, n.6, p. 28-37, 2004.

PEREZ, L.H.; REZENDE, J.V.; FREITAS, B.B. Mel: câmbio e embargo europeu podem prejudicar exportações em 2006. Análises e indicadores do agronegócio, v.1, n.4, 2006. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=5209>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

PERFEITO, G. Produtores de mel voltam a exportar para a União Européia. ASN – Agência Sebrae de Notícias. Disponível em: <[www.interjornal.com.br](http://www.interjornal.com.br)>. Acesso em: 16 jun. 2008.

PETTIS, J.S.; COLLINS, A.M.; WILBANKS, R.; FELDLAUFER, M.F. Effects of coumaphos on queen rearing in the honey bee *Apis mellifera*. **Apidologie**,

Paris, v.35, p.605-610, 2004.

PICKLER, M.A. Defensividade, higiene, produção de própolis e mel com duas gerações de *Apis mellifera*. 59f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2009.

PINTO, M. EXCLUSIVO: Sumiço de abelhas nos EUA e na Alemanha preocupa apicultores brasileiros. Notícias Ambiente Brasil. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/noticia/?id=30437>>. Acesso em: 4 set. 2009.

PIRES, S.M.A.; JOSA, A.; MARTINS, A.; COSTA, A. Estudo de alguns métodos usados para avaliar o comportamento higiênico de ecotipos locais de abelhas Portuguesas. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v.101, n.557, p.45-49, 2006.

POLHEMUS, M.S.; LUSH, J.L.; ROTHENBUHLER, W.C. Mating systems in honeybees. **Journal of Heredity**, v.41, p.151-154, 1950.

PORTAL BRASIL. Produção de mel cresce 30% em 2010. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2011/03/2/producao-de-mel-cresce-30-em-2010>>. Acesso em 10 mar. 2011.

POSEY, D. Folk Apiculture of the Kayapó Indians of Brazil. **Biotropica**, [S.I.] v.15, n.2, p.154-158, 1983.

RAFTERY, A. L. AND LEWIS, S. Comment: One long run with diagnostics: implementation strategies for Markov chain Monte Carlo. **Statistical Science**, [S.I.], v.7, p.493-497, 1992.

RESENDE, R. Brasil dobra exportações de mel em 2008. JORNAL AGÊNCIA SEBRAE DE NOTÍCIAS. Unidade de Agronegócios do Sebrae e coordenadoria nacional da Rede Apicultura Integrada Sustentável (Rede Apis). Secretaria de Comércio Exterior (Secex) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <[www.portaldoagronegocio.com.br](http://www.portaldoagronegocio.com.br)>. Acessado em: 08 de março de 2009.

RINDERER, T. Bee genetics and breeding. Academic Press Inc. Orlando Florida. USA, 1986.

RINDERER, T.E.; GUZMAN, L.I.; DELLATE, G.T.; HARPER, C. An evaluation of ARS Russian honey bees in combination with other methods for control of Varroa mites. **American Bee Journal**, Estados Unidos, v.143, p.410-413, 2003.

ROTHENBUHLER W.C. Behavior genetics of nest cleaning in honey bees. IV. Responses of F1 and backcross generations to disease-killed brood. **American Zoology**, Estados Unidos, v. 4, p. 111–123, 1964.

ROTHENBUHLER, W.C.; THOMPSON, V.C. Resistance to American foulbrood in honey bees.I. Differential survival of larvae of different genetic lines, **Journal of Economic Entomology**, Maryland, USA, v.49, p. 470-475, 1956.

ROTHENBULER, W. C.; KULINCEVIC, J. M., THOMPSON, V. C. Successful selection of honeybees for fast and hoarding of sugar syrup in the laboratory. **Journal of Apicultural Research**, Cardiff-England, v. 18, p. 272 – 278, 1979.

RUTTNER, F. Biogeography and taxonomy of honeybees. **Springer Verlag** (Berlin), 1988.

RUTTNER, F.; HÄNNEL, H. Active defense against Varroa mites in Carniolan strains of honey bees. **Apidologie**, Paris, v. 23, p. 173-87, 1992.

SALAMANCA, G. 2000. El sistema de control y puntos críticos de la extracción y beneficio de propóleos. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE PROPÓLEOS. Buenos Aires. **Anais...**Buenos Aires. p.57-65. 1 CD-ROM.

SANTOS, A.L.; FAQUINELLO, P.; TOLEDO, V.A.A.; et al. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características morfométricas e produção de geléia real em abelhas *Apis mellifera* africanizadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 45, p.1-3, 2008.

SATTLER, A. Situação da Cria Pútrida no Brasil. Agência Sebrae de Notícias. Ano 2000. Disponível em: <[www.apis.sebrae.com.br](http://www.apis.sebrae.com.br)>. Acesso em: 30 set. 2009.

SCHNEIDER S.S., DEGRANDI-HOFFMAN G., SMITH D.R. The African honey bee: factors contributing to a successful biological invasion. **Annual Review of Entomology**, USA, v.49, p.351-376, 2004.

SCHUCH, D. M . T.; TOCHETTO LISANE G.; SATTLER, A.; 2002. Relato do primeiro isolamento oficial de esporos de Paenibacillus larvae subsp. larvae no Brasil em colmeia sem sinais clínicos de Cria Pútrida Americana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.3, p. 441-444, mar. 2003.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Informações de Mercado sobre Mel e Derivados da colmeia – Relatório Completo. Série Mercado. Brasília, 2006. 243 p.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Mel rastreado é garantia de lucros e segurança alimentar. Agência SEBRAE de notícias. Disponível em: <[www.sebrae.com.br](http://www.sebrae.com.br)>. Acesso em:15 jul. 2010.

SIMÕES, C.C.; ARAÚJO, D.B.; ARAÚJO, R.P.C. Estudo in vitro e ex vivo da ação de diferentes concentrações de extratos de própolis frente aos microrganismos presentes na saliva de humanos. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, v.18, p.84-89, 2008.

SIMONE, M.; EVANS, J.D.; SPIVAK, M. RESIN COLLECTION AND SOCIAL IMMUNITY IN HONEY BEES. **Evolution**, [S.l.], v. 63, n. 11, p. 3016–3022, 2009.

SOLLER, M.; BAR-COHEN, R. 1967. Some observations on the heritability and genetic correlation between honey production and brood area in the honeybee. **Journal of Apicultural Research**, Cardiff-England, v.6, p.37-43, 1967.

SORENSEN, D.A.; WANG, C.S.; JENSEN, J. et al. Bayesian analysis of genetic change due to selection using Gibbs sampling. **Genetics Select Evolution**, Paris, v.26, p.333-360, 1994.

SORROW, A.R. Researchers honing in on bee colony collapse disorder. Disponível em: <<http://southeastfarmpress.com/government/researchers-honing-bee-colony-collapse-disorder>>. Acesso em: 14 fev. 2011.

SOUZA, H.R.; ORSI, R.O., FUNARI, S.R.C.; BARRETO, L.M.R.C.; DIB, A.P.S. Produção de própolis em colmeias de *Apis mellifera* africanizadas submetidas a diferentes condições de sombreamento. **B. Indústr. anim.**, Nova Odessa, v.63, n.4, p.189-192, 2006.

SPIVAK, M. Honey bee hygienic behavior and defense against *Varroa jacobsoni*. **Apidologie**, Paris, v.27, p.245–260, 1996.

SPIVAK, M.; DOWNEY, D.L. Field assays for hygienic behaviour in honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, Maryland, USA, v.91, p.64-70, 1998.

SPIVAK, M.; GILLIAM, M. Hygienic behaviour of honey bees and its application for control of brood diseases and varroa mites. Part I: Hygienic behaviour and resistance to American foulbrood. **Bee World**, Cardiff-England, v. 79, p. 124-134, 1998.

SPIVAK, M.; REUTER, G.S. Performance of hygienic honey bee colonies in a commercial apiary. **Apidologie**, Paris, v.29, p.291-302, 1998.

SPIVAK, M.; REUTER, G.S. *Varroa destructor* infestation in untreated honey bee (Hymenoptera: Apidae) colonies selected for hygienic behavior, **Journal of Economic Entomology**, Maryland, USA, v. 94, n.2, p.326-31, 2001.

STANIMIROVIC, Z; STEVANOVIC, J; MIRILOVIC, M; STOJIC, V.. Heritability of hygienic behaviour in grey honey bees (*Apis mellifera carnica*). **Acta Veterinaria**, Beograd, v. 58,n. 5-6, p. 593-601, 2008.

STANIMIROVIC, Z.; PEJOVIC, D.; STEVANOVIC, J.; VUCINIC, M.; MIRILOVIC, M. Investigations of hygienic behaviour and disease resistance in organic beekeeping of two honeybee ecogeographic varieties from Serbia, **Acta Veterinaria**, Beograd, v. 52, p. 169-80, 2002

STANIMIROVIC, Z.; STEVANOVIC, J.; ALEKSIC, N.; STOJIC, V. Heritability of grooming behaviour in grey honey bees (*Apis mellifera carnica*). **Acta Veterinaria**, Beograd, v. 60, n. 2-3, p. 313-323, 2010.

STANIMIROVIC, Z.; STEVANOVIC, J.; CIRKOVIC, D. Behavioural defenses of the honey bee ecotype from sjenica – pester against *Varroa destructor*. **Acta Veterinaria**, Beograd, v. 55, n.1, p.69-82, 2005.

STANIMIROVIC, Z.; STEVANOVIC, J.; CIRKOVIC, D. Investigations of reproductive, productive, hygienic and grooming features of Syenichko-Peshterski honey bee ecotype, **Apidologie**, Paris, v. 34, p. 487-8, 2003

STORT, A. C.; GONÇALVES, L. S. A africanização das abelhas *Apis mellifera* nas Américas - I. In: Venenos Animais, editora de Publicações Científicas Ltda, Rio de Janeiro, 1994, 411 pp.

SYLVESTER, H.A. Response of the honeybees to different concentrations of sucrose in hoarding tests. **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, v.118, p.746-747, 1978.

SZABO, T.; LEFKOVITCH, L. Effect of brood production and population size on honey production of honeybee colonies in Alberta, Canada. **Apidologie**, Paris, v. 20, p. 157-163, 1989.

SZABO, T.I.; WALKER, C.R.T. Damages to dead *Varroa jacobsoni* caused by the larvae of *Galleria mellonella*, **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, USA, v.135, p.421-422, 1995.

THAKUR, R.K.; BIENEFELD, K.; KELLER, R. *Varroa* defense behavior in *Apis mellifera carnica*, **American Bee Journal**, Hamilton, Illinois, USA, v.137, p.143-8, 1997.

THIMANN, R.; MANRIQUE, A. J. Honey production by two types of africanized honey bees (hybrids of *Apis mellifera scutellata*) in western plains of Venezuela. **Zootecnia Tropical**, Maracay, v.20, n.2, p.259-266, 2002.

THIMANN, R.; MANRIQUE, A. Recolección de propoleo en colônias de abejas africanizadas durante la temporada de lluvias en el apiário de la UNELLEZ, Venezuela. **Revista UNELLEZ de Ciência y Tecnologia**, Guanare, 2001.

TOLEDO, V.A.A. Estudo comparativo de parametros biológicos e de produção de cera e geleia real em colonias de abelhas *Apis mellifera* africanizadas, carnicas, italianas e seus híbridos. 1997. 200f. Tese (doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal: UNESP, 1997.

TOPAL, M.; EMSEN, B.; DODOLOGLU, A. Path Analysis of Honey Yield Components Using Different Correlation Coefficients in Caucasian Honey Bee.

**Journal of Animal and Veterinary Advances**, [Pakistan], v.7, n.11, p.1440-1443, 2008.

VAN EMELEN, D. AMARO. Cartilha do apicultor Brasileiro: abelhas, mel e cera. Ed. Chacaras e Quintais, SP, 3ª ed., 344p, 1934.

VAN TASSELL, C. P. VAN VLECK, L. D. 1995. A Manual for Use of MTGSAM. A Set of Fortran Programs to Apply Gibbs Sampling to Animal Models for Variance Component Estimation [DRAFT]. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

VELTHUIS, H.W. Biologia das abelhas sem ferrão. USP: São Paulo. 1997. 33p.

VIANA, F.A.M.C.; REIS, I.T.; NETO, J.P.H.; SOUZA, M.R.; ARAÚJO, C.A. Programa de melhoramento genético de abelhas (*Apis mellifera* L.) no Estado do Ceará. Instituto Agropolos. Governo do Estado do Ceará. Disponível em: <oktiva.institutoagropolos.org.br/wpmu/editorias/files/2010/melhoramento\_gene\_tico.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2010.

WALLNER, K. Varroacides and their residues in bee products. **Apidologie**, Paris, v.30, p.235-48, 1999.

WEIGEL, D.A.; GIANOLA, D. Estimation of heterogeneous within-herd variance components using empirical bayes methods: a simulation study. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, p.2824-2833, 1992.

WIESE, H. Apicultura: Novos Tempos. 2ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. 378p.

WILSON-RICH, N.; SPIVAK, M.; FEFFERMAN, N.H.; STARKS, P.T. Genetic, Individual, and Group Facilitation of Disease Resistance in Insect Societies. **Annual Review of Entomology**, USA, v. 54, p. 405–23, 2009.

WITTER, S.; LOPES, L. A.; LISBOA, B. B. L.; BLOCHTEIN, B.; MONDIN, C. A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Ninhos da abelha guaraipe (*Melipona bicolor schencki*), espécie ameaçada, em remanescente de Mata com Araucária no Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Fepagro, 2010. Série Técnica Fepagro, n.5. Disponível em: <[www.fepagro.rs.gov.br](http://www.fepagro.rs.gov.br)>. Acesso em: 10 dez. 2010.

WOODROW, A.W.; HOLST, E.C. The mechanism of colony resistance to American foulbrood. **Journal of Economic Entomology**, Maryland, USA, v. 35, p. 327–330, 1942.

XEYLA, R. Fenômeno tem ocasionado o colapso de colméias em todo o mundo. Disponível em: <<http://www.agenciasebrae.com.br/noticia.kmf?canal=199&cod=10800031>>. Acesso em: 10 mar. 2011.

ZAITOUN, S.T.; AL-GHZAWI, A.A.A. Monthly Changes in the Natural Grooming

Response in Workers of Three Honey Bee Subspecies Against the Bee Parasitic Mite *Varroa destructor*. **Jordan Journal of Agricultural Sciences**, [Jordânia], v.5, n.2, 2009.

ZÁRATE, O.; ARAUJO-FREITAS, C.; MEDINA, L.A. et al. Phenotypic correlations of field and laboratory tests with honey production in Africanized honey bees (*Apis mellifera*). **Apidologie**, Paris, v.39, p.523-530, 2008.



## APÊNDICES

Apêndice 1 – Valores das distribuições *a posteriori* da herdabilidades e das variâncias genéticas, residuais e fenotípicas obtidas em análise bicaracterística.

Tabela 1 – Estimativas das distribuições *a posteriori* das herdabilidades e dos componentes de variância para rapidez de coleta de xarope obtidas com as outras características em análises bicaracterística

Parâmetro	Caract.	Média	dp	Mediana	Moda	Erro de Markov	Mínimo	Máximo
$\sigma_a^2$	propolis	2,25	1,64	1,75	0,74	0,00623	0,20	5,59
	mel	4,14	1,89	4,24	4,54	0,00833	0,45	7,31
	Ch	1,90	1,48	1,40	0,66	0,00683	0,20	5,10
	Percent.	4,80	2,1	4,99	5,23	0,01028	0,49	8,24
	Média	3,27	1,78	3,1	2,79	0,00792	0,33	6,56
$\sigma_e^2$	propolis	4,47	1,81	4,58	4,84	0,00721	0,70	7,54
	mel	2,76	1,8	2,30	1,02	0,00749	0,30	6,31
	Ch	4,62	1,71	4,74	4,90	0,00882	0,91	7,57
	Percent..	3,24	1,93	2,78	1,72	0,00940	0,48	7,14
	Média	3,77	1,82	3,6	3,12	0,00823	0,60	7,14
$\sigma_p^2$	propolis	6,52	1,14	6,39	6,10	0,00615	4,45	8,77
	mel	6,72	1,20	6,58	6,41	0,00495	4,59	9,13
	Ch	6,90	1,21	6,77	6,34	0,00495	4,74	9,36
	Percent.	8,04	1,25	7,91	7,79	0,00549	5,77	10,56
	Média	7,04	1,20	6,91	6,66	0,00538	4,89	9,45
$h^2$	propolis	0,34	0,23	0,27	0,13	0,00088	0,03	0,81
	mel	0,60	0,24	0,65	0,84	0,00103	0,13	0,94
	Ch	0,29	0,22	0,22	0,11	0,00103	0,03	0,77
	Percent.	0,59	0,23	0,65	0,77	0,00119	0,12	0,93
	Média	0,46	0,23	0,45	0,46	0,00103	0,08	0,86

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade; Ch = comportamento higiênico; Percent. = percentagem de ácaros de ácaros

Tabela 2 – Estimativas de variâncias genéticas, residuais, fenotípicas e herdabilidades da distribuição *a posteriori* da produção de mel obtidas com as outras características em análise bicaracterística

Parâmetro	Caract.	Média	dp	Mediana	Moda	Erro de Markov	Mínimo	Máximo
$\sigma_a^2$	xarope	14,37	9,63	11,96	4,69	0,03713	1,42	33,22
	propolis	12,14	10,58	8,30	3,51	0,04331	0,92	34,92
	Ch	29,50	11,38	29,82	32,11	0,05404	5,82	49,86
	Percent.	22,57	10,98	22,61	24,53	0,05144	1,77	41,04
	Média	19,65	10,64	18,17	16,21	0,05	2,48	39,76
$\sigma_e^2$	xarope	25,62	10,45	26,18	28,80	0,05178	4,70	43,33
	propolis	31,80	12,30	32,65	34,04	0,04838	4,22	52,36
	Ch	11,84	9,78	8,82	2,54	0,04340	0,66	31,81
	Percent.	21,27	10,45	19,73	17,23	0,05068	3,58	41,44
	Média	22,63	10,74	21,84	20,65	0,04856	3,29	42,24
$\sigma_p^2$	xarope	39,98	6,80	39,25	36,74	0,03353	27,72	53,56
	propolis	43,94	8,43	42,90	40,97	0,03562	28,82	60,95
	Ch	41,34	8,11	40,32	39,69	0,04190	26,74	57,37
	Percent.	43,84	6,86	43,18	42,20	0,02669	31,46	57,63
	Média	42,28	7,55	41,41	39,90	0,03443	28,68	57,38
$h^2$	xarope	0,36	0,23	0,31	0,14	0,00102	0,04	0,81
	propolis	0,28	0,23	0,19	0,09	0,00094	0,02	0,79
	Ch	0,71	0,22	0,78	0,94	0,00101	0,25	0,99
	Percent.	0,51	0,23	0,54	0,61	0,00110	0,07	0,87
	Média	0,47	0,23	0,45	0,45	0,00102	0,10	0,86

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade; Ch = comportamento higiênico; Percent. = percentagem de ácaros de ácaros

Tabela 3 – Estimativas de variâncias genéticas, residuais, fenotípicas e herdabilidades da distribuição *a posteriori* da produção de própolis com as outras características em análise bicaracterística

Parâmetro	Caract.	Média	dp	Mediana	Moda	Erro de Markov	Mínimo	Máximo
$\sigma_a^2$	mel	447,54	129,09	444,66	420,66	0,42421	181,76	711,92
	xarope	434,69	109,03	431,96	421,04	0,54076	215,49	657,89
	ch	449,97	159,38	446,48	444,90	0,71457	125,05	753,01
	Percent.	495,83	124,99	492,14	488,42	0,53655	246,21	760,66
	média	457,01	130,62	453,81	443,75	0,55402	192,13	720,87
$\sigma_e^2$	mel	96,98	87,28	67,65	29,43	0,34961	7,74	279,79
	xarope	82,8	71,82	59,48	28,54	0,28483	6,92	230,67
	ch	126,16	119,58	81,65	30,01	0,42132	7,23	379,78
	Percent.	77,94	74,52	52,93	26,54	0,32641	6,43	232,17
	média	95,97	88,3	65,43	28,63	0,34554	7,08	280,60
$\sigma_p^2$	mel	544,52	107,02	531,25	510,37	0,46458	355,74	759,38
	xarope	517,49	91,16	506,84	486,94	0,48887	357,48	704,75
	ch	576,13	128,53	559,36	521,36	0,53168	355,43	833,32
	Percent.	573,77	105,93	561,00	539,67	0,47245	382,35	785,40
	média	552,98	108,16	539,61	514,58	0,48939	362,75	770,71
$h^2$	mel	0,82	0,16	0,87	0,94	0,00058	0,48	0,99
	xarope	0,84	0,14	0,88	0,94	0,00058	0,55	0,99
	ch	0,78	0,2	0,85	0,95	0,00080	0,35	0,99
	Percent.	0,86	0,13	0,91	0,95	0,00056	0,58	0,99
	média	0,82	0,15	0,88	0,95	0,00063	0,49	0,99

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade; Ch = comportamento higiênico; Percent. = percentagem de ácaros de ácaros

Tabela 4 – Estimativas de variâncias genéticas, residuais, fenotípicas e herdabilidades da distribuição *a posteriori* do comportamento higiênico em análise bicaracterística

Parâmetro	Caract.	Média	dp	Mediana	Moda	Erro de Markov	Mínimo	Máximo
$\sigma_a^2$	mel	321,48	176,71	302,04	154,70	0,80365	43,48	643,92
	xarope	445,38	136,71	451,51	480,86	0,64263	151,70	706,03
	própolis	361,66	147,65	367,11	390,70	0,71155	66,31	623,22
	Percent.	500,59	114,34	500,11	491,33	0,66626	267,50	733,80
	média	407,28	143,85	405,19	379,39	0,70602	132,25	676,74
$\sigma_e^2$	mel	282,18	171,96	272,04	55,74	0,65924	16,05	579,19
	xarope	128,49	108,87	94,19	32,05	0,48281	7,35	358,60
	própolis	129,96	123,47	81,24	25,55	0,55786	6,70	387,13
	Percent.	76,01	74,61	51,90	22,89	0,30118	5,96	225,33
	média	154,16	119,73	124,84	34,06	0,50027	9,02	387,56
$\sigma_p^2$	mel	603,66	114,70	589,59	546,04	0,52468	397,87	830,51
	xarope	573,87	94,53	563,64	541,36	0,40735	403,85	763,89
	própolis	491,62	105,92	477,72	450,01	0,43293	311,05	706,73
	Percent.	576,60	93,30	566,76	553,18	0,46052	407,44	763,15
	média	561,44	102,11	549,43	522,65	0,45637	380,05	766,07
$h^2$	mel	0,53	0,26	0,52	0,91	0,00104	0,12	0,96
	xarope	0,77	0,19	0,83	0,94	0,00084	0,37	0,99
	própolis	0,73	0,24	0,83	0,95	0,00114	0,23	0,99
	Percent.	0,87	0,13	0,91	0,96	0,00060	0,60	0,99
	média	0,73	0,2	0,77	0,94	0,00091	0,33	0,98

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade; Percent. = percentagem de ácaros de ácaros

Tabela 5 – Estimativas de variâncias das distribuições *a posteriori* da percentagem de ácaros em abelhas adultas com as outras características em análise bicaracterística

Parâmetro	Caract.	Média	dp	Mediana	Moda	Erro de Markov	Mínimo	Máximo
$\sigma_a^2$	xarope	0,99	0,93	0,67	0,24	0,00443	0,06	2,92
	mel	3,97	1,98	3,79	3,72	0,00946	0,49	7,61
	Ch	0,64	0,73	0,40	0,19	0,00338	0,04	1,99
	própolis	0,65	0,80	0,39	0,18	0,00350	0,04	2,12
	média	1,56	1,11	1,31	1,08	0,00519	0,16	3,66
$\sigma_e^2$	xarope	5,46	1,25	5,47	5,40	0,00560	2,95	8,01
	mel	5,58	1,98	5,52	5,33	0,00919	1,69	9,40
	Ch	5,96	1,28	5,91	5,89	0,00627	3,58	8,69
	própolis	6,28	1,45	6,21	5,80	0,00480	3,57	9,39
	média	5,82	1,49	5,78	5,61	0,00647	2,95	8,87
$\sigma_p^2$	xarope	6,45	0,99	6,35	6,30	0,00437	4,63	8,42
	mel	9,55	1,55	9,39	8,90	0,00611	6,71	12,60
	Ch	6,60	1,12	6,48	6,30	0,00528	4,61	8,86
	própolis	6,94	1,28	6,78	6,45	0,00437	4,67	9,48
	média	7,39	1,23	7,25	6,99	0,00503	5,16	9,84
$h^2$	xarope	0,15	0,14	0,11	0,04	0,00064	0,01	0,44
	mel	0,41	0,19	0,41	0,40	0,00091	0,07	0,76
	Ch	0,10	0,11	0,06	0,03	0,00052	0,01	0,30
	própolis	0,10	0,11	0,06	0,03	0,00049	0,01	0,31
	média	0,19	0,14	0,16	0,13	0,00064	0,02	0,46

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade; Ch = comportamento higiênico

Apêndice 2 - Resumo dos resultados dos diagnósticos de convergência das cadeias de Gibbs em análise bicaracterística

Tabela 6 – Valores de correlação serial das herdabilidades, correlações genéticas, residuais e variâncias fenotípicas das distribuições *a posteriori* em análise bicaracterística

$h^2$	$r_{g1,a2}$	$h^2$	$r_{e1}$	$r_{e1,e2}$	$r_{e2}$	$\sigma^2_{y1}$	$\sigma^2_{y2}$
Comportamento higiênico x percentagem de ácaros em abelhas adultas							
-0,003	0,004	-0,009	-0,003	0,004	-0,009	0,004	0,000
Produção de mel x comportamento higiênico							
-0,007	0,000	-0,007	-0,007	-0,002	-0,007	0,000	-0,002
Produção de mel x Produção de própolis							
0,006	0,001	-0,004	0,006	0,001	-0,004	0,001	0,000
Produção de mel x percentagem de ácaros em abelhas adultas							
0,000	0,001	0,002	0,000	0,005	0,002	-0,004	-0,004
Produção de mel x Rapidez de coleta de xarope							
0,000	0,007	0,001	0,000	0,003	0,001	0,007	-0,001
Produção de própolis x comportamento higiênico							
-0,003	-0,005	0,000	-0,003	0,003	0,000	-0,006	0,010
Produção de própolis x percentagem de ácaros em abelhas adultas							
0,000	-0,008	-0,010	0,000	-0,003	-0,010	-0,007	-0,003
Rapidez de coleta de xarope x comportamento higiênico							
0,004	0,007	-0,004	0,004	0,007	-0,004	0,000	-0,001
Rapidez de coleta de xarope x Produção de própolis							
0,000	0,002	0,002	0,000	0,007	0,002	0,005	0,002
Rapidez de coleta de xarope x percentagem de ácaros em abelhas adultas							
-0,008	0,001	-0,009	-0,008	0,002	-0,009	0,003	0,000

$h^2$  = herdabilidade,  $r_{g1,a2}$  = correlação genética,  $r_{e1}$  = ,  $r_{e1,e2}$  = correlação ambiental,  $r_{e2}$  = ,  $\sigma^2_{y1}$  = variância fenotípica da característica 1,  $\sigma^2_{y2}$  = variância fenotípica da característica 2

Tabela 7 – Valores de correlação serial das (co)variâncias genéticas e residuais das distribuições *a posteriori* em análise bicaracterística

$\sigma^2_{a1}$	$\sigma_{a1}\sigma_{a2}$	$\sigma^2_{a2}$	$\sigma^2_{e1}$	$\sigma_{e1}\sigma_{e2}$	$\sigma^2_{e2}$
Comportamento higiênico x percentagem de ácaros em abelhas adultas					
-0,004	0,002	-0,011	-0,003	0,002	-0,003
Produção de mel x comportamento higiênico					
0,005	0,000	-0,007	-0,010	-0,003	-0,006
Produção de mel x Produção de própolis					
0,004	0,002	-0,008	0,003	0,002	-0,003
Produção de mel x percentagem de ácaros em abelhas adultas					
-0,002	0,000	0,001	-0,003	0,005	0,001
Produção de mel x Rapidez de coleta de xarope					
0,000	0,009	0,000	-0,003	0,008	0,001
Produção de própolis x comportamento higiênico					
-0,008	-0,004	0,007	-0,001	0,005	-0,001
Produção de própolis x percentagem de ácaros em abelhas adultas					
-0,007	-0,004	-0,009	0,001	-0,004	-0,009
Rapidez de coleta de xarope x comportamento higiênico					
0,004	0,009	-0,004	0,004	0,004	-0,003
Rapidez de coleta de xarope x Produção de própolis					
-0,001	0,001	0,005	0,001	0,008	0,000
Rapidez de coleta de xarope x percentagem de ácaros em abelhas adultas					
-0,004	-0,003	-0,009	-0,009	0,006	-0,003

$\sigma^2_{a1}$  variância genética 1,  $\sigma_{a1}\sigma_{a2}$  = covariância genética,  $\sigma^2_{a2}$  = variância genética 2,  $\sigma^2_{e1}$  variância ambiental 1,  $\sigma_{e1}\sigma_{e2}$  = covariância ambiental,  $\sigma^2_{e2}$  variância ambiental 2

Apêndice 3 – Resumo dos resultados dos diagnósticos de convergência das cadeias de Gibbs em análise unicaracterística

Tabela 8 – Parâmetros do teste de convergência de Geweke para as cadeias de Gibbs em análise unicaracterística

	Correlação <sup>1</sup>	$\sigma_p^2$	$h^2$	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$
Comportamento higiênico					
Z-Score	-1,181751	0,601063	1,1817508	1,177682	-0,9863053
p-value	0,237305	0,547798	0,2373046	0,238923	0,323983
Produção de mel					
Z-Score	-0,201910	-0,4061305	0,2019102	0,247099	-0,411732
p-value	0,839987	0,684647	0,839987	0,804832	0,680536
Porcentagem de ácaros em abelhas adultas					
Z-Score	0,004742	0,356982	-	-0,062487	0,293819
			0,00474162		
p-value	0,996217	0,721105	0,996217	0,950175	0,768896
Rapidez de coleta de xarope					
Z-Score	-1,060544	0,488545	1,0605438	1,246567	-0,8435164
p-value	0,288897	0,625164	0,288897	0,212556	0,398940
Produção de própolis					
Z-Score	-0,477735	-0,943408	0,4777345	-0,293592	-0,596757
p-value	0,632839	0,345473	0,6328392	0,769070	0,5506698

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade, 1 correlação entre  $\sigma_a^2$  e  $\sigma_p^2$



Tabela 9 – Parâmetros do teste de Heidleberger &amp; Welch em análise unicaracterística, usando valor de acurácia do teste Halfwidth = 0,1

	Correlação <sup>1</sup>	$\sigma_p^2$	$h^2$	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$
Comportamento higiênico					
C-von-M Halfwidth Test	0,102101	0,093308	0,102101	0,073260	0,077952
Mean	0,194583	566,410428	0,805417	457,656400	108,75
Halfwidth	0,002991	1,132483	0,002991	1,861783	1,694395
Produção de mel					
C-von-M Halfwidth Test	0,093231	0,060041	0,093231	0,096492	0,083313
Mean	0,631450	41,660127	0,368550	15,342250	26,317870
Halfwidth	0,003195	0,085446	0,003195	0,143998	0,150555
Porcentagem de ácaros em abelhas adultas					
C-von-M Halfwidth Test	0,221786	0,107015	0,221786	0,223592	0,096945
Mean	0,881396	7,563141	0,118604	0,891821	6,671320
Halfwidth	0,001888	0,015647	0,001888	0,015032	0,021042
Rapidez de coleta de xarope					
C-von-M Halfwidth Test	0,094807	0,093181	0,094807	0,088362	0,110177
Mean	0,608032	7,580457	0,391968	2,976138	4,604319
Halfwidth	0,003192	0,013581	0,003192	0,025533	0,027250
Produção de própolis					
C-von-M Halfwidth Test	0,066528	0,202758	0,066528	0,074950	0,077042
Mean	0,165005	824,538511	0,834995	690,605000	2,582232
Halfwidth	0,002273	2,167494	0,002273	133,933500	1,910578

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade, <sup>1</sup> correlação entre  $\sigma_a^2$  e  $\sigma_p^2$

Tabela 10 – Parâmetros do teste de convergência de Raftery & Lewis em análise unicaracterística considerando Quantil = 0,025; Acurácia = +/- 0,005 e probabilidade = 0,95

	Correlação <sup>1</sup>	$\sigma_p^2$	$h^2$	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$
Comportamento higiênico					
Intervalo	1	1	1	1	1
Burn-in	2	2	2	2	2
Total	3727	3821	3758	3727	3727
Dependence Factor	0,994928	1,020021	1,003203	0,994928	0,994928
Produção de mel					
Intervalo	1	1	1	1	1
Burn-in	2	2	2	2	2
Total	3773	3805	3727	3789	3741
Dependence Factor	1,007208	1,015750	0,994928	1,011479	0,998665
Porcentagem de ácaros em abelhas adultas					
Intervalo	1	1	1	1	1
Burn-in	2	2	2	2	2
Total	3711	3696	3711	3650	3711
Dependence Factor	0,990657	0,986652	0,990657	0,974373	0,990657
Rapidez de coleta de xarope					
Intervalo	1	1	1	1	1
Burn-in	2	2	2	2	2
Total	3711	3696	3836	3741	3773
Dependence Factor	0,990657	0,986652	1,024026	0,998665	1,007208
Produção de própolis					
Intervalo	1	1	1	1	1
Burn-in	2	2	2	2	1
Total	3711	3696	3681	3696	3741
Dependence Factor	0,990657	0,986652	0,982648	0,986652	0,998665

$\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade,

Tabela 11 – Correlação serial em análise unicaracterística calculado pelo programa Gibanal

	Correlação <sup>1</sup>	$\sigma_p^2$	$h^2$	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$
Comportamento higiênico					
Correlação serial	-0,003	0,006	-0,003	-0,003	-0,003
Produção de mel					
Correlação serial	-0,003	-0,005	-0,003	-0,004	-0,003
Porcentagem de ácaros em abelhas adultas					
Correlação serial	-0,006	-0,004	-0,006	-0,008	0,007
Rapidez de coleta de xarope					
Correlação serial	-0,004	0,002	-0,004	-0,005	0,000
Produção de própolis					
Correlação serial	-0,008	0,002	-0,008	-0,009	-0,009

<sup>1</sup> correlação entre herdabilidade e variância fenotípica,  $\sigma_a^2$  = variância genética aditiva,  $\sigma_e^2$  = variância residual,  $\sigma_p^2$  = variância fenotípica,  $h^2$  = herdabilidade,

## **VITA**

Alessandro Haiduck Padilha nasceu em 26 de abril de 1981 no município de Erechim no Estado do Rio Grande do Sul. É filho de Luis Carlos Nunes Padilha e Carmen Haiduck Padilha.

Realizou o ensino fundamental na Escola Municipal Elena Canho Sampaio de Novo Hamburgo e concluiu o segundo grau com Habilitação Tradutor e Intérprete de Inglês no Colégio 25 de Julho também em Novo Hamburgo.

Em 2002 ingressou no curso de Agronomia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde no ano de 2009 obteve o diploma de graduação.

Em março de 2009 iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia da UFRGS.