

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RÚBIA SANTANA ANDRADE

**QUALIDADE DE RAINHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS (HYMENOPTERA:
APIDAE): DELINEAMENTO DO PERFIL COMERCIAL**

DOIS VIZINHOS

2023

RÚBIA SANTANA ANDRADE

**QUALIDADE DE RAINHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADAS (HYMENOPTERA:
APIDAE): DELINEAMENTO DO PERFIL COMERCIAL**

**QUALITY OF AFRICANIZED *Apis mellifera* QUEENS (HYMENOPTERA:
APIDAE): COMMERCIAL PROFILE DESIGN**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestra em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Unioeste/UTFPR, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), *Campus* Dois Vizinhos.

Orientadora: Prof^a Dr^a Fabiana Martins Costa-Maia

Coorientadores: Prof^a Dr^a Flavia Regina Oliveira de Barros e Prof^o Dr^o Frederico Márcio Corrêa Vieira

Dois Vizinhos

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



RUBIA SANTANA ANDRADE

QUALIDADE DE RAINHAS APIS MELLIFERA AFRICANIZADAS (HYMENOPTERA: APIDAE): DELINEAMENTO DO PERFIL COMERCIAL

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestra Em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Animal.

Data de aprovação: 27 de Fevereiro de 2023

Dra. Fabiana Martins Costa Maia, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Eliane Gasparino, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Dr. Everton Ricardi Lozano Da Silva, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 17/04/2023.

Imprimir

Dedico este trabalho a dois grandes exemplos de mulher que tive o prazer de ter em minha vida, a minha amada tia Celidalva Andrade Galvão (*In memoriam*) minha segunda mãe e a querida professora e fonte de inspiração Dr^a. Ana Karina de Francisco (*In memoriam*), por ser um exemplo de sabedoria e humildade na arte de passar conhecimento.

Dedico também ao Chico, meu filhote mais lindo e carinhoso, que nos deixou nesse início de ano.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus de Dois Vizinhos, e em especial, ao Grupo de Pesquisa em Melhoramento de Abelhas (Δ Gbee), que forneceram estrutura física e de pessoal para a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Unioeste/UTFPR e aos docentes que o compõe por proporcionarem condições para o aprendizado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos concedida durante o curso de mestrado.

À professora Fabiana Martins Costa-Maia, pela orientação nestes dois anos de convivência e muito trabalho.

Aos meus coorientadores, professores Flavia Regina Oliveira de Barros e Frederico Márcio Corrêa Vieira por toda contribuição para o desenvolvimento dessa pesquisa. A caminhada se tornou mais leve com a ajuda de vocês.

Aos professores Everton Ricardi Lozano da Silva, Eliane Gasparino e Edgar Vismara, por aceitarem o convite para compor a banca de defesa, a contribuição de vocês será muito valiosa para essa pesquisa.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Melhoramento de Abelhas (Δ Gbee), em especial à Marciani Balbinotti França, Thais Pauli e Eduardo Augusto Antunes Vieira foram imprescindíveis durante a coleta.

Ao professor Edgar Vismara pela realização da análise estatística, e disponibilidade para ensinar e sanar minhas dúvidas.

À Fernanda Raulino Domanski, por toda ajuda durante a realização dessa pesquisa, e principalmente pela amizade ao longo desses dois anos.

À Diéli Patrícia de Souza, pelo auxílio na etapa laboratorial, e principalmente pela linda amizade que construímos ao longo desse tempo.

Ao Grupo de Pesquisa em Reprodução Animal, em especial à Luciane Xavier Ferreira, e a Victor Gabriel de Faria Pastre pela colaboração no desenvolvimento dessa pesquisa.

A Thiago Villa, técnico da Diretoria de Pesquisa e de Pós-Graduação da UTFPR-DV pela disponibilidade em partilhar seus conhecimentos para a automatização de processos, o que otimizou a execução dessa pesquisa.

Às professoras, Michele Potrich, Patrícia Franchi de Freitas, Magali Floriano da Silveira e Milene Pereira pelo suporte técnico e disponibilização de laboratórios para o desenvolvimento dessa pesquisa.

À professora Nédia de Castilhos Ghisi e a todos os integrantes do Laboratório Multiusuário de Análises Biológicas e Biologia Molecular (BioMol) pela oportunidade de aprendizado e auxílio para que eu pudesse me dedicar à realização deste mestrado.

À Carine Giaretta, Secretária do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Unioeste/UTFPR por toda a gentileza e habilidade em tornar a vida dos pós-graduandos mais agradável.

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

Muito Obrigada!

Cântico Negro

Vem por aqui" — dizem-me alguns com os olhos doces
Estendendo-me os braços, e seguros
De que seria bom que eu os ouvisse
Quando me dizem: "vem por aqui!"
Eu olho-os com olhos lassos,
(Há, nos olhos meus, ironias e cansaços)
E cruzo os braços,
E nunca vou por ali...

...A minha glória é esta:
Criar desumanidades!
Não acompanhar ninguém.
— Que eu vivo com o mesmo sem-vontade
Com que rasguei o ventre à minha mãe

Não, não vou por aí! Só vou por onde
Me levam meus próprios passos...
...Se ao que busco saber nenhum de vós responde
Por que me repetis: "vem por aqui!"?
Prefiro escorregar nos becos lamacentos,
Redemoinhar aos ventos,
Como farrapos, arrastar os pés sangrentos,
A ir por aí...

...Como, pois, sereis vós
Que me dareis impulsos, ferramentas e coragem
Para eu derrubar os meus obstáculos?...
Corre, nas vossas veias, sangue velho dos avós,
E vós amais o que é fácil!
Eu amo o Longe e a Miragem,
Amo os abismos, as torrentes, os desertos...

...Eu tenho a minha Loucura!
Levanto-a, como um facho, a arder na noite escura,
E sinto espuma, e sangue, e cânticos nos lábios...

...Ah, que ninguém me dê piedosas intenções,
Ninguém me peça definições!
Ninguém me diga: "vem por aqui!"
A minha vida é um vendaval que se soltou,
É uma onda que se alevantou,
É um átomo a mais que se animou...
Não sei por onde vou,
Não sei para onde vou
Sei que não vou por aí!

(JOSÉ RÉGIO, 1926).

RESUMO

O setor apícola nacional vem se desenvolvendo e alcançando o mercado internacional ao longo dos últimos anos, contudo o setor ainda é pouco estruturado comparado a outros países. A produção e comercialização de rainhas é um ramo emergente na apicultura nacional e vem se desenvolvendo nos últimos tempos, visando suprir a demanda de substituição de rainhas, já que a troca periódica destas, acarreta ganhos na produtividade e sobrevivência da colônia. Contudo, o pouco conhecimento disponível na literatura sobre o potencial de produção acerca da *Apis mellifera* africanizada (Hymenoptera: Apidae), de ocorrência nacional, dificulta o crescimento do setor. Dessa forma, essa pesquisa teve por objetivo avaliar a qualidade de abelhas rainhas comerciais e identificar características com potencial para serem utilizadas como parâmetro qualitativo de rainhas. Para a pesquisa foram utilizadas 200 rainhas, 100 virgens e 100 fecundadas, produzidas por dois criatórios distintos. As análises foram realizadas a partir de três variáveis independentes: remessa (3), família (9) e *status* reprodutivo (2); e variáveis dependentes: medidas morfométricas (7) e características reprodutivas (6). Assim, foi possível observar que a remessa II apresentou diferença em cinco, das sete características morfométricas em relação a remessa I, e apenas três características reprodutivas apresentaram diferença, onde a remessa III foi diferente da I em todas elas. Foi observado o mesmo padrão de diferenciação para as características reprodutivas para a variável família, onde a família 9 apresentou valores muito distintos da família 1. Para *status* reprodutivo, as rainhas fecundadas apresentaram valores superiores ao das virgens para todas as características que exibiram diferença. Na Análise de Componentes Principais (APC), os dois primeiros CPs foram capazes de explicar 41,5% e 40,6% da variação apresentada para rainhas virgens e fecundadas, respectivamente. Para rainhas virgens as características morfométricas contribuíram de forma mais homogênea para a formação do primeiro CP, já para fecundadas, peso e peso dos ovários tiveram maior contribuição. Assim, apenas para *status* reprodutivo foi possível diferenciar de forma clara os grupos a partir da análise de dispersão. Em relação à taxa de mortalidade, a remessa I e as famílias 1 e 5 apresentaram as menores probabilidades. Já para viabilidade espermática, a remessa I e as famílias 1 e 2 apresentaram maior viabilidade. Uma maior variação entre as características foi verificada para as variáveis remessa e *status* reprodutivo (6), sendo que para esta última o número de ovariolos apresentou diferença entre rainhas virgem e fecundada. Já na análise de correlação, apenas as características comprimento total e largura de abdômen apresentaram correlação com características reprodutivas para os dois *status* reprodutivos, podendo essas ser elencadas como parâmetro de seleção para qualidade de rainhas por serem de fácil mensuração. A produção de rainhas ainda é realizada em pequena escala, contudo a partir da avaliação desse material disponível no mercado, produzidas por dois criatórios distintos, foi possível observar que elas possuem características indicadoras de qualidade que poderão ser utilizadas em programas de melhoramento futuros.

Palavras-chave: características morfométricas; Características reprodutivas; parâmetro de seleção; seleção indireta.

ABSTRACT

The national beekeeping sector has been developing and reaching the international market over the last few years; however, the sector is still poorly structured compared to other countries. The production and commercialization of queens is an emerging branch in national beekeeping and has been developing in recent times, aiming to meet the demand for the replacement of queens since their periodic exchange leads to gains in productivity and survival of the colony. However, the little knowledge available in the literature about the production potential of the Africanized *Apis mellifera* of national occurrence hinders the growth of the sector. Thus, this research aimed to evaluate the quality of commercial queen bees and identify characteristics with the potential to be used as a qualitative parameter of queens. For the research, 200 queens were used, 100 virgins and 100 fertilized, produced by two different breeders. Analyzes were performed based on three independent variables: shipment (3), family (9), and reproductive status (2), and dependent variables: morphometric measurements (7) and reproductive characteristics (6). Thus, it was possible to observe that shipment II showed a difference in five of the seven morphometric characteristics in relation to shipment I and only three reproductive characteristics showed a difference, where shipment III was different from shipment I in all of them. The same pattern of differentiation was observed for the reproductive characteristics of the family variable, where family 9 presented very different values from family 1. For reproductive status, the fertilized queens presented higher values than the virgins for all the characteristics that showed a difference. In Principal Component Analysis (PCA), the first two CPs were able to explain 41.5% and 40.6% of the variation presented for virgin and fertilized queens, respectively. For virgin queens, the morphometric traits contributed more homogeneously to the formation of the first CP, whereas for fertilized queens, the weight and weight of the ovaries had a greater contribution. Thus, only for reproductive status was it possible to clearly differentiate the groups from the dispersion analysis. Regarding the mortality rate, remittance I and families 1 and 5 had the lowest probabilities. As for sperm viability, shipment I and families 1 and 2 showed greater viability. A greater variation between the traits was verified for the variables shipping and reproductive status (6), and for the latter, the number of ovarioles showed a difference between virgin and fertilized queens. In the correlation analysis, only the traits' total length and width of the abdomen correlated with reproductive traits for the two reproductive statuses, which can be listed as a selection parameter for the quality of queens because they are easy to measure. The production of queens is still carried out on a small scale; however, from the evaluation of this material available on the market, produced by two different breeders, it was possible to observe that they have traits that indicate quality that can be used in future improvement programs.

Keywords: morphometric traits; reproductive traits; selection parameter; indirect selection.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema de orientação enviado aos criadores de rainhas visando minimizar os efeitos de transporte. Organização das caixas, rainhas virgens (v), fecundadas (f), famílias 1 (f1), 2 (f2) e 3 (f3).....	22
Figura 2 – Esquema de envio das remessas de rainhas adotada pelos dois criatórios parceiros.....	23
Figura 3 – Obtenção das medidas a) morfométricos do abdômen com o auxílio de paquímetro digital e b) pesagem da rainha para obtenção do peso úmido em balança de precisão.....	24
Figura 4 – Procedimento de a) dissecação das rainhas para coleta dos órgãos reprodutivos interno, b) abdômen fixado através do exoesqueleto, porção ventral do exoesqueleto do abdômen removido e exposição dos órgãos internos, c) ovário posicionado em lâmina para o procedimento de pesagem e d) espermateca posicionada em recipiente plástico para o procedimento de pesagem.....	25
Figura 5 – Procedimento para análise de viabilidade espermática, a) preparação para análise de concentração espermática em câmara hematimétrica e b) incubação das amostras a 36 °C para posterior análises.....	26
Figura 6 – a) Imagem dos ovariolos do ovário esquerdo capturada por meio do Software Zen 3.5 Blue Edition. b) Imagem do ovário esquerdo com seus ovariolos marcados (x) para a contagem (total de 230 ovariolos). ..28_Toc132028574	28
Figura 7 – Análise de componentes principais para as dez primeiras dimensões, para explicar a variação do grupo de rainhas a) virgens e b) fecundadas. Contribuição de cada uma das características na primeira dimensão para c) virgens e d) fecundadas.....	39
Figura 8 – Análise de componentes principais mostrando as duas primeiras dimensões, para explicar a correlação das características entre os grupos de rainhas a) virgens e b) fecundadas.....	40
Figura 9 – Representação gráfica mostrando as características distribuídas ao longo das cinco primeiras dimensões (CPs):para rainhas a) virgens e b) fecundadas.....	41
Figura 10 – Dispersão dos indivíduos dentro dos grupos que compõem o status reprodutivo (rosa – rainhas virgens, verde – rainhas fecundadas), a partir dos dois primeiros componentes principais (CPs).	42
Figura 11 – Dispersão dos indivíduos dentro dos grupos que compõem as três remessas (rosa – remessa I, verde – remessa II e azul – remessa III), a partir dos dois primeiros componentes principais (CPs) para rainhas a) virgens e b) fecundadas.	43
Figura 12 – Teste de comparações múltiplas para taxa de mortalidade de rainhas entre as três remessas.....	44
Figura 13 – Teste de comparações múltiplas para taxa de mortalidade de rainhas entre as famílias.....	45

Figura 14 – Taxa de motilidade espermática entre as remessas. Apenas dados de rainhas fecundadas foram utilizados para essa análise. Escore de classificação: (1) movimento exclusivamente oscilatório, (2) movimentação lenta, (3) movimento intermediário, (4) progressivo retilíneo rápido e (5) progressivo retilíneo muito rápido.....	46
Figura 15 – Diferença percentual de viabilidade espermática entre as três remessas comerciais de abelhas rainhas.....	48
Figura 16 – Análise da viabilidade espermática entre as famílias. Apenas dados de rainhas fecundadas foram utilizadas para essa análise.....	48
Figura 17 – Análise de correlação a) dados morfométricos e reprodutivos para rainhas virgens e b) morfométricos, reprodutivos e concentração de espermatozoides para rainhas fecundadas. A cor azul indica correlação positiva e vermelho negativa, quanto maior a intensidade da cor, maior a força da correlação. Branco indica ausência de correlação.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição das características morfométricas e reprodutivas para a variável remessa, a partir dos valores da mediana (med), mínima (min) e máxima (max) para abelhas rainhas (<i>A. mellifera</i>) africanizadas comerciais.....	34
Tabela 2 - Descrição das características morfométricas e reprodutivas para a variável família, a partir dos valores da mediana (Med), mínima (Min) e máxima (Max) para abelhas rainhas (<i>A. mellifera</i>) africanizadas comerciais.	34
Tabela 3 - Descrição das características morfométricas e reprodutivas para a variável Status reprodutivo, a partir dos valores da mediana (Med), mínima (Min) e máxima (Max) para abelhas rainhas (<i>A. mellifera</i>) africanizadas comerciais.....	35
Tabela 4 - Teste de comparação das características morfométricas e reprodutivas, a partir dos valores da mediana, para todas as categorias das respectivas variáveis.	36
Tabela 5 - Comparação da variação das características morfométricas e reprodutivas entre as categorias das variáveis, remessas, famílias e status reprodutivo.	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 <i>Apis mellifera</i> L.: belhas africanizadas.....	16
2.2 Qualidade de abelha rainha.....	17
2.3 Produção apícola e comércio de abelhas rainhas	18
3 OBJETIVO.....	21
3.1 Objetivo geral	21
3.2 Objetivos específicos.....	21
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Criatórios parceiros, produção e transporte de rainhas.....	22
4.2 Obtenção das medidas morfométricas, pesagem e dissecação das rainhas.....	23
4.3 Viabilidade reprodutiva das rainhas: viabilidade espermática e número de ovariolos.....	25
4.4 - Análises estatísticas	28
4.4.1 Análise de taxa de sobrevivência	28
4.4.2 Análise de comparação	29
4.4.3 Análises de Componentes Principais (ACP)	30
4.4.4 Análise de viabilidade espermática	30
4.4.5 Correlação de Spearman	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1 Panorama da qualidade de abelhas rainhas comercializadas	32
5.1.1 Análises descritivas da amostra	32
5.1.2 Análise de componentes principais (ACP)	38
5.1.3 Taxa de mortalidade das abelhas rainhas.....	43
5.1.4 Viabilidade espermática	45
5.2 Parâmetros de seleção relacionadas a qualidade de rainhas.....	49
5.2.1 Análise de variação	49
5.2.2 Correlação de Spearman	52
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS.....	59
ANEXO.....	65

1 INTRODUÇÃO

Os programas de melhoramento genético são sem dúvida um grande trunfo na produção animal. Grandes cadeias produtivas como aves e suínos, só conseguiram atingir os elevados padrões de produção mundial a partir de programas de melhoramento genéticos bem estruturados e implementados em todos os setores da produção. O cenário nacional muda drasticamente quando se considera a cadeia apícola, pois a ausência de uniformidade nos padrões de produção é um dos limitantes para o crescimento do setor.

A grande extensão territorial do Brasil possibilita a exploração de diversos produtos apícolas, e essa diversidade de produtos gera uma apicultura com necessidades distintas para cada uma das áreas de produção, porém a troca regular de rainhas é um dos manejos que incrementa e auxilia na padronização da produção apícola em todo o mundo (SCHAFASCHEK, 2020). Oficialmente, em território nacional não há registros sobre a dimensão da comercialização de rainhas, porém sabe-se que entre 2018 e 2020 foram comercializadas em torno de 20.000 rainhas, sendo que aproximadamente 15% não se desempenharam adequadamente (informação verbal)¹. Além disso, inexistente qualquer estudo avaliando a qualidade e o potencial genético das rainhas comercializadas no Brasil.

Países como Estados Unidos, Canadá e Nova Zelândia possuem grandes investimentos para o desenvolvimento de programas de melhoramento e capacitação dos apicultores (TARPY; RAY OLIVAREZ, 2014; PETTIS et al., 2016; BIXBY et al., 2019). O desenvolvimento de boas práticas é essencial para o estabelecimento de programas de melhoramento genético, dentre elas a troca regular de rainhas é manejo essencial para o padrão da produtividade (SCHAFASCHEK, 2020).

A indústria de produção de rainhas na América do Norte é bem desenvolvida em função da grande demanda de seu público-alvo, os apicultores (TARPY; RAY OLIVAREZ, 2014). No Brasil, a demanda é evidente, porém a realidade é diferente, pois esse mercado ainda está em desenvolvimento, com a necessidade de pesquisas para a única subespécie do gênero *Apis*, o poli-híbrido africanizado.

Para o desenvolvimento de todo setor de produção é necessário compreender as características do produto comercializado, contudo, para o setor de produção e

¹ Informação cedida por Ramon Haad, sócio proprietário da Apícola Haad Genética de rainhas e materiais apícola LTDA, em 23 de nov. de 2020.

comercialização de abelhas rainhas, há uma carência de informações de modo geral. Dessa forma, conhecer o potencial genético das abelhas rainhas comercializadas nacionalmente é de extrema importância para a implementação de programas de melhoramento genético, visando crescimento da apicultura nacional. Além disso, o setor de comercialização de abelhas rainhas no Brasil poderá utilizar essa pesquisa como subsídio base de conhecimento para ajudar na expansão do setor, muito antes da maior expansão desse mercado, podendo corrigir e elaborar soluções para que o produto possa impactar de maneira eficiente a produtividade apícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Apis mellifera* L.: abelhas africanizadas

As espécies do gênero *Apis* não ocorrem naturalmente no Brasil, contudo durante a migração europeia no século XIX houve a introdução das subespécies *Apis mellifera mellifera*, *A. mellifera ligustica* e *A. mellifera carnica* de origem europeia, principalmente nas regiões sul e sudeste, em detrimento do clima mais ameno (VENCOVSKY; KERR, 1982). A apicultura nacional, antes do processo de africanização na década de 1950, era uma atividade pouco desenvolvida e uma das possíveis explicações está relacionada a baixa adaptabilidade das subespécies europeias ao clima tropical (KENT, 1988).

Em 1956, rainhas da subespécie *A. mellifera scutellata* de origem africana foram trazidas pelo pesquisador Warwick E. Kerr e ficaram em quarentena no Horto de Camacua, em Rio Claro, no estado de São Paulo, visando alternativas para melhorar a produção nacional de mel, contudo 26 desses exemplares fugiram e deram início ao processo de africanização (KENT, 1988).

As abelhas africanizadas são poli-híbridos formados a partir do cruzamento entre diferentes subespécies de *Apis mellifera* (*A. mellifera scutellata*; *A. mellifera mellifera*; *A. mellifera ligustica* e *A. mellifera carnica*). O processo de africanização gerou, inicialmente, resistência na adaptação dos apicultores, principalmente por conta do maior comportamento defensivo das abelhas africanizadas, quando comparado com as abelhas europeias. Apesar disso, uma série de vantagens foram observadas como, maior adaptabilidade ao clima, desenvolvimento mais rápido, maior produção de mel, produção de própolis e resistência a doenças (DE JONG, 1996).

O setor apícola brasileiro a partir da década de 1970, com o domínio de novas metodologias de manejo para trabalhar com abelha africanizada iniciou um período de ascensão, principalmente devido a rápida adaptação do poli-híbrido ao clima tropical (TRAJANO, 2020). Assim, ainda nos primeiros anos do século XXI com o aumento na produtividade, o Brasil ganhou mercado internacional na exportação de mel, houve aumento no número de apicultores, bem como de associações e empresas apícolas em diferentes ramos, cursos de capacitação e pesquisas científicas na área (GONÇALVES, 2006).

Contudo, ao longo desses anos ainda é pouco o conhecimento acerca do potencial de produção da abelha africanizada, sendo necessário pesquisas relacionadas a qualidade do material genético utilizado e desempenho a campo.

2.2 Qualidade de abelha rainha

Dentro da colônia, a rainha é responsável pela produção de todos os indivíduos e por modular o comportamento das abelhas operárias a partir da produção de diferentes feromônios (WINSTON, 2003). Dessa forma, a qualidade da rainha está diretamente relacionada com a qualidade da colônia e seu potencial de produção (TARPY et al., 2003; 2013; RANGEL et al., 2013).

Tendo em vista a importância da rainha para a colônia, pesquisas foram desenvolvidas visando mensurar a qualidade da rainha, antes mesmo dela expressar seu potencial na colônia, no intuito de descobrir características externas, de fácil mensuração, que indiquem o potencial da rainha (HATCH et al., 1999; DELANEY et al., 2011; TARPY et al., 2012; HATJINA et al., 2014). Já que estudos indicam que fatores externos podem interferir na qualidade da rainha ao longo da vida, tais como época da recria, qualidade do acasalamento, alimentação, idade da larva e manejo inadequado. Esses fatores combinados podem reduzir o potencial da rainha, mesmo que geneticamente possua potencial para maior produção (MAHBOBI et al., 2012; BÜCHLER et al., 2013; OZBAKIR, 2021).

Na literatura é possível encontrar diversas características, morfométricas e reprodutivas, utilizadas como indicativo de qualidade, tais como peso (TARPY et al., 2012; HATJINA et al., 2014), largura e peso do abdômen (AMIRI et al., 2017; MATTIELLO et al., 2022), medidas da asa (WOYKE, 1987; FACCHINI et al., 2021), do tórax (HATCH et al., 1999; DELANEY et al., 2011), e comprimento total (WRIGHT et al., 2019). Tais características citadas anteriormente estão em algum grau correlacionadas com as características reprodutivas, número de ovários, peso dos ovários, viabilidade espermática e tamanho da espermoteca.

São essas características que influenciam efetivamente na qualidade reprodutiva da rainha, assim, devido a impossibilidade de acessá-las sem sacrificar a rainha, busca-se características externas que reflitam as internas (DELANEY et al., 2011; TARPY et al., 2012; HATJINA et al., 2014; AMIRI et al., 2017; FACCHINI et al., 2021; MATTIELLO et al., 2022).

As características reprodutivas da rainha refletem o potencial de produção de indivíduos para a colônia e conseqüentemente de produção de derivados apícolas. Dessa forma, compreender o papel de cada característica é necessário para entender como elas influenciam na qualidade da rainha.

O número de ovariolos reflete o potencial de postura ao longo da vida da rainha (DELANEY et al., 2011; JACKSON et al., 2011). Dessa forma, quanto maior a taxa de postura da rainha, maior será o número de indivíduos na colônia e conseqüentemente maior a produção (SILVEIRA et al., 2019). Autores também utilizam o peso dos ovários como como parâmetro de qualidade, contudo é importante ressaltar que o peso dos ovários para rainhas fecundadas reflete não somente o número de ovariolos, mas também o estágio de desenvolvimento dos óvulos. Assim, quanto maior a taxa de postura da rainha, o ovário tende a ser mais pesado (AMIRI et al., 2017).

Já em relação a viabilidade espermática é preciso compreender que o processo reprodutivo das abelhas ocorre apenas no período inicial da vida da rainha, e os espermatozoides obtidos durante o voo nupcial serão utilizados ao longo de toda vida reprodutiva para a oviposição (WINSTON, 2003). Nesse sentido, a quantidade e a qualidade dos espermatozoides obtidos influenciarão diretamente na qualidade e na capacidade produtiva da colônia (DELANEY et al., 2011). Assim, é possível concluir que as medidas da espermateca indicam a capacidade de armazenamento de espermatozoides obtidos durante o voo nupcial da rainha e dessa forma reflete a capacidade de produzir indivíduos (COLLINS; PETTIS, 2013; RANGEL et al., 2013).

Compreender as características que indicam qualidade da rainha se torna importante, principalmente para criatórios que visam a produção de rainhas para a comercialização. Além disso, essas características poderão ser norteadoras em programas de melhoramento genético, e haja vista que para a abelha africanizada ainda não há programas estabelecidos a nível nacional, o estudo sobre as características morfométricas e reprodutivas, assim como elas se correlacionam poderão auxiliar no desenvolvimento tecnológico desse setor da produção animal.

2.3 Produção apícola e comércio de abelhas rainhas

Estimava-se que em 2017 o Brasil possuía mais de 2,1 milhões de colônias de abelhas *A. mellifera* africanizada, distribuídas em aproximadamente 102 mil

propriedades, e segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 80% desses estabelecimentos foram caracterizados como de agricultura familiar (IBGE, 2017). Para a maioria dos pequenos produtores a apicultura é utilizada como complementação de renda, não havendo dessa forma investimentos efetivos para o aumento da produção (ABEMEL, 2021; VIDAL, 2021).

Segundo dados do censo de 2021 realizado pelo IBGE no mesmo ano, o Brasil produziu aproximadamente 55,8 mil toneladas de mel, com crescimento de 6,4% a mais que o ano de 2020. Em 2019, o Brasil ocupava a décima primeira posição no *ranking* mundial de exportação de mel e apesar do grande potencial de produção, o volume foi de apenas 4,8% da exportação mundial (LANDAU, 2019; VIDAL, 2019; 2021). Para outros produtos de origem apícola, como cera, geleia real, pólen e própolis, há pouca ou nenhuma informação a respeito da produção nacional.

O mel brasileiro apresenta alta qualidade, por ser caracterizado como orgânico e alta pureza (VIDAL, 2021), contudo o volume de produção ainda é baixo comparado a outros países. A Argentina por exemplo, apresenta uma menor extensão territorial e menor diversidade de flora apícola disponível, no entanto ocupa a segunda posição no *ranking* mundial de exportação do mel. A Nova Zelândia produz menos que o Brasil, contudo o produto possui alto valor agregado, se tornando o segundo país com maior faturamento em exportação de mel em 2017 (FAO, 2019; VIDAL, 2019). Para ambos países, o investimento em melhoramento genético e a troca periódica de rainhas são fatores determinantes para o avanço no setor apícola (BIXBY et al., 2019; VIDAL, 2021).

O potencial de produção da apicultura brasileira é grande, para o mel e derivados apícolas, contudo o baixo investimento financeiro e em pesquisas na produção, dificulta o avanço da apicultura nacional (VIDAL, 2021). A ausência de padronização nas práticas a campo também contribui para baixa produtividade, um exemplo é a troca periódica da rainha. De acordo com Delaney et al. (2011) a introdução de uma nova rainha na colônia leva ao aumento na produção, provoca melhorias no *pool* gênico, na qualidade sanitária e aumento no desempenho do plantel.

Rainhas com baixa qualidade tem sido associada à supersadura prematura, irregularidade no padrão de ninhada, oviposição prematura de zangões e baixa longevidade (BIXBY et al., 2019; ROUSSEAU et al., 2020). Estudos com relatos de

baixa qualidade de rainhas e conseqüentemente menor produtividade de colônias foram reportados pelos EUA, Canadá e Nova Zelândia ao longo dos últimos anos, em decorrência da exposição a pesticidas, doenças, baixa viabilidade espermática em decorrência dos impactos durante o transporte das rainhas comerciais, entre outros (PETTIS et al., 2016; BIXBY et al., 2019; ROUSSEAU et al., 2020).

A troca periódica de rainhas, que ocorre geralmente após a safra de colheita do mel, é uma prática comum nesses países, bem como a produção de rainhas e comercialização para atender a demanda de substituição (PETTIS et al., 2016; BIXBY et al., 2019). A produção é realizada em associação com programas de melhoramento genético, visando selecionar melhores genótipos que promovam aumento na produção e mantenham a qualidade das rainhas (BIXBY et al., 2019).

No Brasil, a demanda de substituição de rainhas ainda é baixa, assim como o mercado de produção e comercialização de rainhas, entretanto, ambos, apresentam grande potencial de crescimento. Esse dado fica evidente em um cenário de aproximadamente 2 milhões de colônias existentes no país (IBGE, 2017), contudo, menos de 3% tem suas rainhas trocadas regularmente (informação verbal)².

A produção comercial de rainhas é uma área recente na apicultura nacional e vem se desenvolvendo ao longo dos últimos anos, assim há poucas empresas que atuam de forma regular nessa prática. Segundo informação obtida em conversa com criadores e compradores de rainhas, foi observado que em torno de 15% das rainhas comercializadas entre 2018 e 2020 apresentaram falha (informação verbal)¹, porém não há dados na literatura acerca dessa informação. Dessa forma, o conhecimento acerca do mercado de produção e comercialização de abelha rainhas africanizadas no Brasil é ainda pouco conhecido, e pouca ou nenhuma informação é encontrada na literatura, sendo essa área carente de estudos.

² Informação cedida por Ramon Haad, sócio proprietário da Apícola Haad Genética de rainhas e materiais apícola LTDA, em 23 de nov. de 2020.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade de abelhas rainhas (*Apis mellifera* L.) africanizadas comerciais.

3.2 Objetivos específicos

Verificar a ocorrência de diferenças entre abelhas rainhas produzidas e comercializadas por dois criatórios nacionais.

Identificar possíveis características a serem utilizadas como potenciais critérios de seleção em programas de melhoramento genético de abelhas.

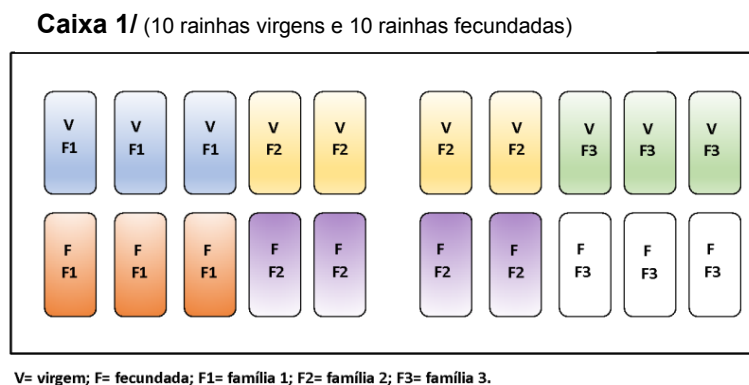
4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 – Criatórios parceiros, produção e transporte de rainhas

O trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos (UTFPR-DV), na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão de Apicultura (UNEPE-Apicultura) e nos Laboratórios de Reprodução, e Controle Biológico (LABCON), em parceria com dois criatórios comerciais de rainhas por atenderem apicultores de todo o território nacional. A produção, fecundação e postagem das abelhas rainhas foram realizadas exclusivamente sob a responsabilidade dos criatórios parceiros.

Os responsáveis pelos criatórios receberam a mesma orientação (ANEXO 1) sobre como proceder para que os efeitos do transporte pudessem ser minimizados entre as diferentes origens, garantindo que as abelhas rainhas *A. mellifera* fossem distribuídas de maneira uniforme em cinco caixas de transporte, levando em consideração o *status* reprodutivo, e que tivessem representatividade de três famílias geneticamente distintas (Figura 1).

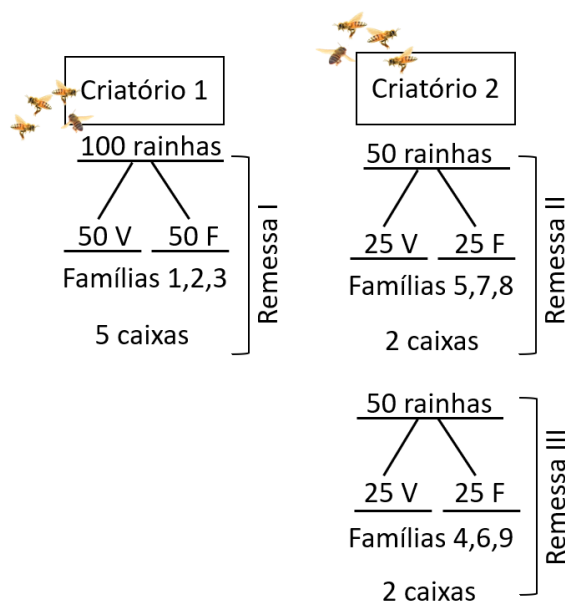
Figura 1 – Esquema de orientação enviado aos criadores de rainhas visando minimizar os efeitos de transporte. Organização das caixas, rainhas virgens (V), fecundadas (F), famílias 1 (F1), 2 (F2) e 3 (F3).



Fonte: Autoria própria (2020)

Um total de 200 rainhas, sendo 50 virgens e 50 fecundadas por criatório. Um dos criatórios seguiu rigorosamente às orientações (ANEXO 1), entretanto o segundo criatório por questões de disponibilidade de pessoal e logística realizou a postagem em duas remessas, com duas caixas cada uma, com rainhas distribuídas igualmente por *status* reprodutivo e por famílias (Figura 2).

Figura 2 – Esquema de envio das remessas de rainhas adotada pelos dois criatórios parceiros.
Fonte: Autoria própria (2023)



As caixas com as rainhas chegaram na UTFPR-DV pelo transporte de despacho expresso, via serviço de SEDEX da empresa de Correios nacional e foram submetidas a aproximadamente 130, 96 e 72 horas de deslocamento entre o criatório e a instituição de pesquisa para a remessa I, II e III, respectivamente. O processo de coleta dos dados foi realizado 24 horas após a chegada das rainhas na instituição, durante esse processo de espera as rainhas permaneceram dentro das caixas de transporte, onde foi ofertado água logo após a chegada.

4.2 – Obtenção das medidas morfométricas, pesagem e dissecação das rainhas

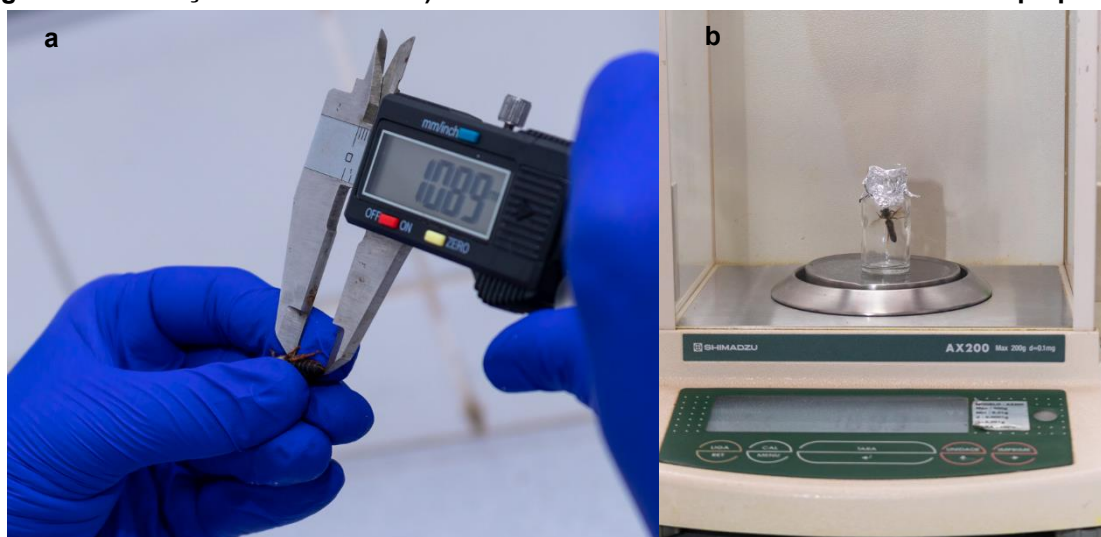
Visando parametrizar o tempo de espera pré-processamento para obtenção dos dados das abelhas rainhas, obtenção das medidas morfométricas, pesagem, dissecação e armazenamento dos tecidos em condições adequadas, foi realizado um sorteio para determinar a sequência de dissecação e pesagem. Dessa forma, cinco rainhas foram retiradas aleatoriamente de cada caixa e processadas, sendo que o próximo sorteio só foi realizado após finalizar a dissecação de todas as rainhas sorteadas anteriormente.

Durante o processo de sorteio foi verificado o *status* de sobrevivência das rainhas, visando estimar a taxa de sobrevivência das mesmas após o processo de transporte. Quando a rainha sorteada estava morta era realizada a coleta dos dados

morfométricos e em seguida encaminhada para o processo de dissecação, onde era avaliado a viabilidade de coleta dos órgãos reprodutores internos.

Para todas as rainhas, vivas e mortas, foram realizadas as análises morfométricas (Figura 3), onde foram tomadas as medidas quanto ao comprimento corporal total (mm), comprimento e largura do tórax (mm), abdômen e asa (mm), para isso as rainhas foram retiradas das gaiolas segurando-as pelo tórax, assim foram posicionadas entre os dedos polegar e indicador, visando expor o máximo possível dos tagmas para obtenção das medidas. Todas as mensurações foram realizadas utilizando um paquímetro digital resolução pol./mm: 0,0005/0,01 (MTX, Moscou, Rússia). Na sequência as rainhas foram acondicionadas em frascos de vidros de 20 mL para a pesagem em balança de precisão (Figura 3b) de 0,001g (SHIMADZU/AX-200, Quioto, Japão).

Figura 3 – Obtenção das medidas a) morfométricos do abdômen com o auxílio de paquímetro



digital e b) pesagem da rainha para obtenção do peso úmido em balança de precisão.

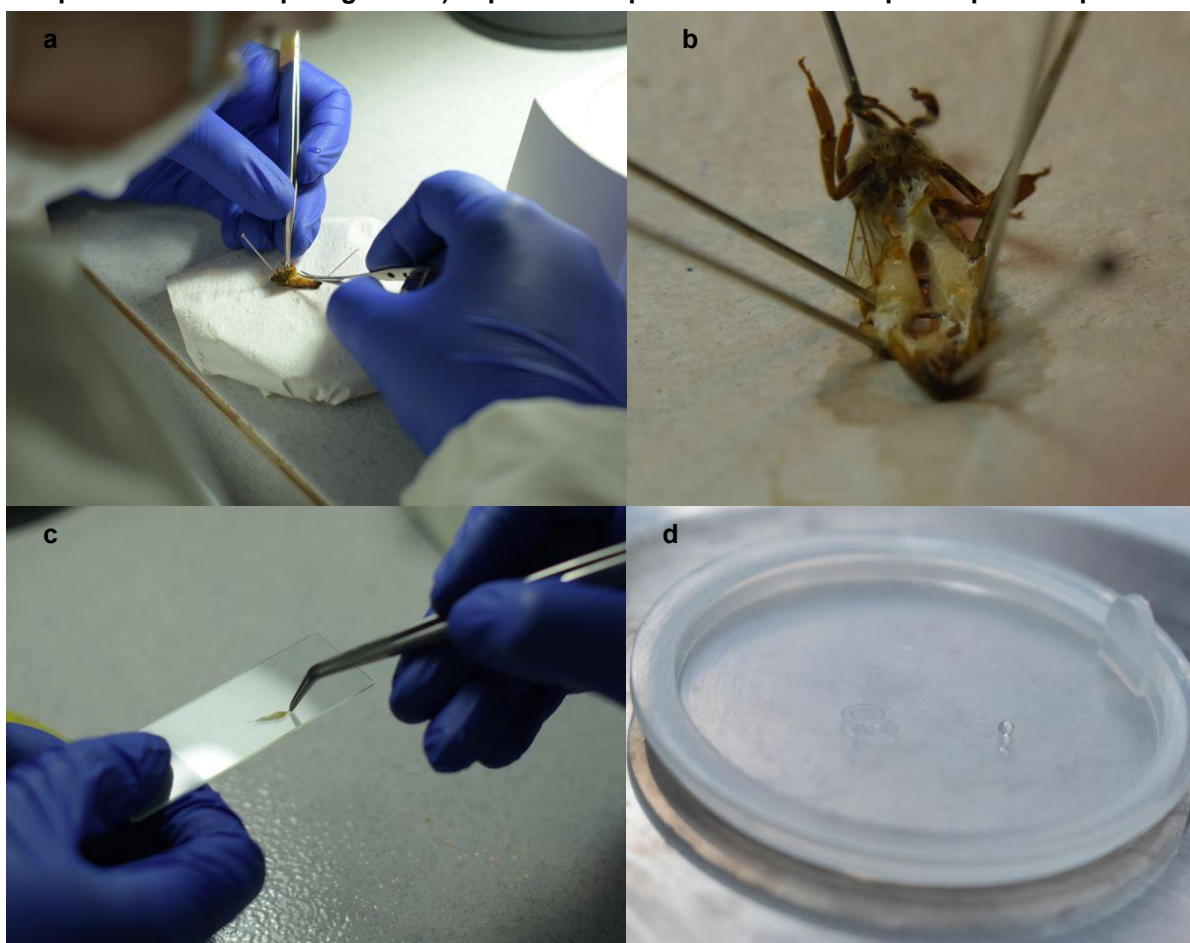
Fonte: UNEPE Apicultura - UTFPR, DV (2020)

Todo o processo de dissecação foi realizado utilizando um microscópio estereoscópio (DI-224, Piracicaba, São Paulo - Brasil), e seguiu os seguintes passos: com uma tesoura cirúrgica oftálmica capsulotomia curva (Vannas IM-283AA, Kazan, Rússia), foi removida inicialmente a cabeça e armazenada; o tórax e o abdômen então foram fixados dorsalmente em placa de *Petri*, contendo cera de abelha solidificada, com o auxílio de alfinetes niquelados, tamanho 29; a dissecação do abdômen foi realizada a partir da inserção da tesoura na porção terminal, seguindo em direção ao tórax e com o auxílio de uma pinça (tipo relojoeiro 12 cm reta) a região ventral do exoesqueleto foi removida, expondo os órgãos internos (Figura 4). Os ovários,

esquerdo e direito (Figura 4c), foram então pesados e armazenados em microtubos de 1,5 mL contendo solução fixadora Bouin para posterior análises histológicas.

A espermateca foram pesadas tanto para rainhas virgens e fecundadas, contudo para rainhas fecundadas a espermateca foi armazenada (Figura 4d) em solução de Ringer a 36 °C (KAFTANOGLU; PENG, 1984), para as análises de viabilidade espermática.

Figura 4 – Procedimento de a) dissecação das rainhas para coleta dos órgãos reprodutivos interno, b) abdômen fixado através do exoesqueleto, porção ventral do exoesqueleto do abdômen removido e exposição dos órgãos internos, c) ovário posicionado em lâmina para o procedimento de pesagem e d) espermateca posicionada em recipiente plástico para o



procedimento de pesagem.

Fonte: UNEPE Apicultura - UTFPR, DV (2020)

4.3 - Viabilidade reprodutiva das rainhas: viabilidade espermática e número de ovariolos

O processo para a coleta dos espermatozoides foi realizado a partir da ruptura da membrana epitelial da espermateca em microtubo de 1,5mL, com tesoura Castroviejo curva. Para o processo de lavagem da espermateca foi utilizado solução

Ringer, ajustada para a obtenção de 1mL de solução de sêmen. Então essa mistura foi homogeneizada gentilmente por pipetagem.

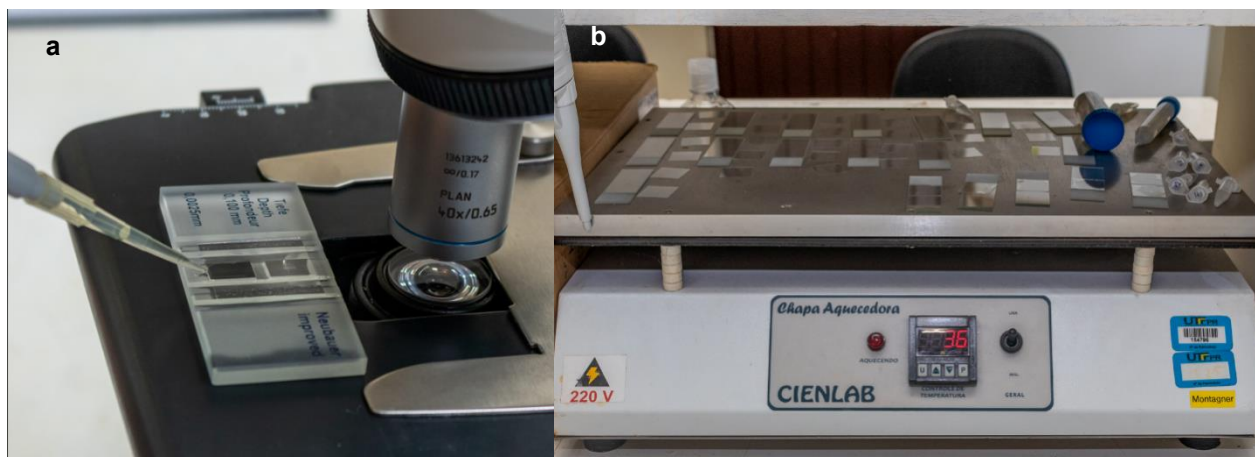
Para verificar a concentração espermática foi utilizado o protocolo descrito por Collins e Donoghue (1999), modificado por Rousseau et al. (2015), com a câmara hematómica (Câmara de Neubauer). Os espermatozoides foram diluídos 1:2 em água destilada e contados em cinco quadrados ($0,1 \text{ mm}^3 = 0,1 \text{ }\mu\text{L}$, cada) distintos, tendo como base os quatro cantos e a área central do hemocitômetro, esse procedimento foi repetido duas vezes utilizando o microscópio óptico de luz, com aumento de $400 \times$ (Figura 5a). O cálculo total de espermatozoide foi realizado utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Total de células} = \frac{[(\text{Contagem 1} * 5 * 10 * 2 * 1000) + (\text{Contagem 2} * 5 * 10 * 2 * 1000)]}{2}$$

A análise para verificar a proporção de espermatozoides vivos e mortos na amostra foi realizada com base no método de coloração fluorescente dupla, descrito por Locke et al. (1990), modificado por Wegener et al. (2012), onde $2 \text{ }\mu\text{L}$ de iodeto de propídeo, com concentração de 1 mg/mL (Invitrogen) e $1 \text{ }\mu\text{L}$ de Hoechst 33342, com concentração de $0,5 \text{ mg/mL}$, (Invitrogen H1399) foram adicionados a $100\mu\text{L}$ da suspensão de espermatozoides em solução Ringer a $36 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 5b), e posteriormente incubado por 20 minutos na ausência de luz.

Na sequência $15 \text{ }\mu\text{L}$ da solução foram montados entre lâmina e lamínula e analisados em um microscópio de fluorescência (Opton, TNI 06T-PL) com aumento de $400 \times$. A visualização total das células marcadas com fluoróforos (Hoechst 33342) ocorreu a partir da emissão de uma onda de 461nm , na cor verde decorrente da excitação da molécula. Para a identificação das células mortas foi utilizado o iodeto de propídeo, com emissão de onda de 617nm na cor vermelha. A porcentagem de células foi verificada a partir da contagem de 100 células por lâmina, vivas e mortas.

Figura 5 – Procedimento para análise de viabilidade espermática, a) preparação para análise de concentração espermática em câmara hematómica e b) incubação das amostras a $36 \text{ }^\circ\text{C}$ para posterior análises.

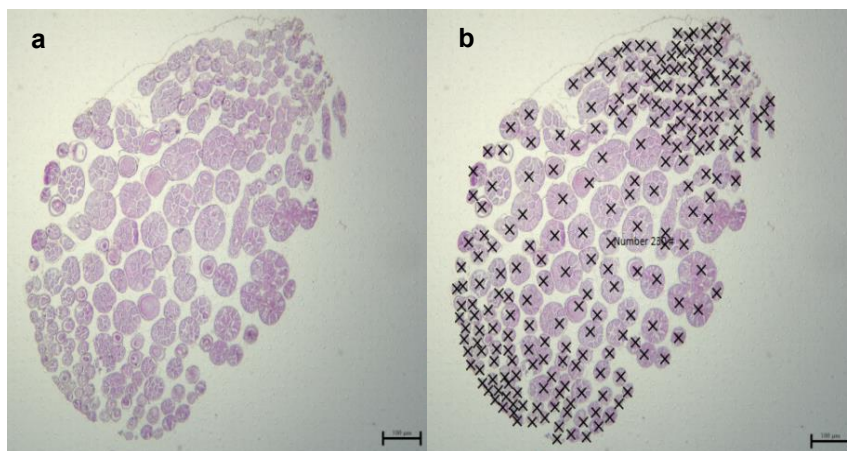


Fonte: UNEPE Apicultura - UTFPR, DV (2020)

A taxa de motilidade espermática foi estimada por meio do método de avaliação visual através de um microscópio de luz com aumento de 400 \times . Para a avaliação, foi utilizada a classificação do escore proposto por Queiroz (2003), na qual estão dispostos cinco níveis de motilidade de forma crescente, onde o escore (1) indica espermatozoides com movimento exclusivamente oscilatório, (2) movimentação lenta, (3) movimento intermediário, (4) progressivo retilíneo rápido e (5) progressivo retilíneo muito rápido. Todas as avaliações foram realizadas por um único observador, dado o caráter subjetivo da análise, já que poderia haver variação da classificação com a alteração do observador.

A técnica histológica para a contagem do número de ovariolos foi realizada de acordo com o protocolo descrito por Raulino-Domanski et al. (2019) para rainhas virgens e fecundadas, o qual salva um tempo considerável nos processos de fixação e secagem, sendo até então o método mais eficiente descrito na literatura. Após a obtenção das imagens dos ovariolos, a contagem dos mesmos foi realizada a partir do software Zen 3.5 Blue Edition (Figura 6).

Figura 6 – a) Imagem dos ovários do ovário esquerdo capturada por meio do Software Zen 3.5 Blue Edition. b) Imagem do ovário esquerdo com seus ovários marcados (x) para a contagem (total de 230 ovários).



Fonte: Autoria própria (2023)

4.4 - Análises estatísticas

Na presente pesquisa foram consideradas variáveis dependentes todas as características morfológicas e reprodutivas, já as remessas, famílias e *status* reprodutivos foram considerados como variáveis independentes. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa R (2021).

4.4.1 Análise de taxa de sobrevivência

Para verificar a taxa de sobrevivência de rainhas, as análises foram conduzidas a partir do modelo linear generalizado da família binomial e função logística (MCCULLAGH; NELDER, 1989), essa abordagem foi utilizada devido ao caráter de resposta binário do evento, ou seja, ocorrência ou não ocorrência. A partir do seguinte modelo:

$$y_{ij} = \mu + \theta_j + \epsilon_{ij}$$

Onde, " y_{ij} " é a variável resposta para sobrevivência de rainhas, obtidas a partir da i -ésima repetição do j -ésimo grupo, no modelo o valor de " μ " representa uma constante, " θ_j " simula uma covariável do j -ésimo grupo ao qual sofre ação potenciadora da repetição de " i ". Por fim, " ϵ_{ij} " representa o resíduo a partir de uma distribuição logística com uma variância fixa de " $\frac{\pi^2}{3}$ ". Dessa forma, o valor de " y_{ij} " será igual a 1 se " $y_{ij}^* > 0$ ", e será igual a 0 quando " $y_{ij}^* \leq 0$ ".

4.4.2 Análise de comparação

Para todas as características morfométricas e reprodutivas foram quantificadas a medida de posição e as diferenças nas dispersões de valores, visando compreender a amplitude de distribuição das características avaliadas. Para isso, foi apresentado os valores de mediana, valores mínimos e máximos, para todas as características morfométricas e reprodutivas nas três variáveis analisadas (remessas, famílias e *status* reprodutivos) no presente estudo.

No segundo momento se fez importante entender possíveis estruturação dentro das variáveis independentes, remessa, família e *status* reprodutivo, as quais foram utilizadas para verificar a variação das características e comparar as três variáveis a partir das características morfométricas e reprodutivas avaliadas, sendo elas peso (Peso_2), comprimento total (CT), largura do abdômen (L_abd), comprimento da asa (C_asa), largura da asa (L_asa), comprimento do tórax (C_torax), largura do tórax (L_torax), peso da espermateca (PE), peso do ovário direito (OD), peso do ovário esquerdo (OE), e número de ovariolos do ovário direito (N_ov_D) e esquerdo (N_ov_E).

Para as análises de comparação foram utilizadas duas classes de parâmetros: medida de tendência central e variação. A análise de tendência central foi realizada a partir dos valores da mediana, para as características morfométricas e reprodutivas para as três variáveis, pois os dados não apresentavam normalidade dos resíduos. O teste de Kruskal-Wallis foi utilizado para fazer a comparação entre as categorias das variáveis a partir das características avaliadas, para todas as características foi aplicado os pós teste de Dunn, a fim de verificar quais categorias diferem entre si.

Para a análise de variação, foi utilizado os valores de desvio absoluto médio das características morfométricas e reprodutivas, calculados a partir dos desvios para mediana, já que os dados não apresentavam normalidade dos resíduos. O teste de Brown e Forsythe, realizado com base na comparação entre os desvios absolutos médios a partir do teste de Levene para mediana, foi utilizado para verificar se havia variação entre as diferentes categorias das variáveis, com base nas características avaliadas. Para esse teste, quanto maior os valores apresentados, maior a variação dessa característica dentro das categorias da variável e conseqüentemente menor a padronização entre as rainhas para a variável analisada. O teste de Dunn foi aplicado para verificar quais categorias diferem entre si.

Para as demais análises deste estudo foi levado em consideração as diferenças morfológicas entre rainhas virgens e fecundadas, dessa forma, todas as demais análises foram realizadas separadamente, levando em consideração as diferenças desses dois grupos.

4.4.3 Análises de Componentes Principais (ACP)

Visando entender como cada uma das características morfométricas e reprodutivas influenciava na variação das categorias das variáveis, foi realizada a Análises de Componentes Principais (ACP), no qual foi utilizado como critério de percentual de variação acumulada de 70% para determinar os autovalores e a proporção de variância, visando determinar o número de componentes principais.

Para verificar como as características estavam correlacionadas entre si, foi realizado um teste de agrupamento utilizando o algoritmo *k-means*, onde vetores com mesma direção são mais relacionadas entre si e o comprimento dos vetores indica maior correlação dessas características com o primeiro e o segundo componente principal (CPs).

Além disso, foi realizada uma ACP para dispersão de indivíduos, no intuito de verificar se ocorria formação de padrões distintos entre as três remessas e entre o status reprodutivo, a partir da posição que cada indivíduo ocupava dentro do grupo, com base nas características relacionada às coordenadas dos dois primeiros componentes principais (CPs).

4.4.4 Análise de viabilidade espermática

Para a análise de viabilidade espermática foi seguido a mesma metodologia e modelo utilizado para sobrevivência de rainhas, descrito anteriormente. Para ajustar o modelo foi obtido o número de espermatozoides mortos e vivos e então multiplicada a variável concentração e o percentual de vivos e mortos em escala decimal.

Quanto à taxa de motilidade espermática, por se caracterizar como uma variável qualitativa ordinal, foram utilizados modelos logísticos cumulativos ordinais (AGRESTI, 1996), para sua análise. Para tal, foi utilizado o modelo:

$$\ln\left(\frac{P(Y_{ij} < c)}{1 - P(Y_{ij} < c)}\right) = \alpha_c + \beta x_j + \epsilon_{ij}, c = 1,2,3,4,5$$

Considerando " Y_{ij} " como uma variável com " c " níveis, no qual foi medido no i -ésimo indivíduo submetido ao j -ésimo tratamento ($j = 1..6$), onde o primeiro nível da variável " c " será utilizado como o nível de referência para o modelo logístico ordinal. Onde, " Y_{ij} " mede a possibilidade de " Y_{ij} " estar na categoria " c " comparando a possibilidade da mesma está na categoria de referência, " α_c " está relacionado ao logit acumulado da categoria " c " com seu próprio intercepto, contudo não há necessidade de sua interpretação para esses dados, " x_j " representa uma covariável do j -ésimo grupo ao qual a abelha rainha pertencia, " β " é tido como o principal parâmetro da análise, para isso é dado em termos logaritmo a razão de chances de que cada um dos tratamentos tem em relação à categoria de referência, " ϵ_{ij} " indica o resíduo que segue a distribuição logística e tem uma variância fixa de " $\frac{\pi^2}{3}$ ".

Assumindo a classificação do escore proposto por Queiroz (2003) que adota originalmente cinco escalas de variação, no presente estudo foi observado que para algumas rainhas a taxa de motilidade espermática não se enquadra em nenhuma categoria pré-definida, mas sim em uma posição intermediária que foi considerada na análise, porém não foram representadas graficamente.

4.4.5 Correlação de Spearman

Visando avaliar as características morfométricas e reprodutivas e como elas se correlacionam entre si, no intuito de obter um panorama de possíveis fatores de seleção para esse grupo, foi montado uma matriz de correlação de Spearman a partir de todas as características morfométricas, reprodutivas e de viabilidade espermáticas para rainhas fecundadas e apenas das características morfométricas e reprodutivas para rainhas virgens. A análise foi conduzida a partir do coeficiente de correlação de Spearman, por este não precisar atender pressupostos lineares.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados desta pesquisa foi organizada em duas partes, sendo que a primeira contém as análises descritivas do grupo amostral, a partir das três variáveis independentes (remessa, família e *status* reprodutivo), composta pelos resultados dos testes de Kruskal-Wallis, Análise de Componentes Principais (ACP), teste de comparação múltipla para taxa de mortalidade e viabilidade espermática. Essa primeira parte teve como objetivo caracterizar a qualidade das abelhas rainhas produzidas e comercializadas em território nacional, visando obter um panorama do que se tem disponível no mercado apícola.

Na segunda parte, as análises do teste de Brown e Forsythe e da correlação de Pearson foram utilizadas para identificar possíveis indicadores de qualidade de rainhas que possam ser utilizados como parâmetro de seleção em programas futuros de melhoramento genético animal. Com isto, visou-se traçar um perfil das características de seleção para abelhas *A. mellifera* africanizada.

5.1 Panorama da qualidade de abelhas rainhas comercializadas

5.1.1 Análises descritivas da amostra

Nas Tabelas 1, 2 e 3 constam a descrição das características morfométricas e reprodutivas das rainhas quanto às variáveis remessa (I, II e III), família (1 a 9) e *status* reprodutivo (virgem e fecundada), com valores de mediana, mínima e máxima, demonstrando variação no material postado, entretanto, similares aos valores encontrados por Hatjina et al. (2014) e Porporato et al. (2015) para abelhas europeias. Para abelhas africanizadas, a literatura se concentra na característica peso à emergência (MAIA et al., 2019), o que não diz respeito ao peso avaliado neste trabalho.

A criação das rainhas é realizada por meio do método Doolittle (1889) que consiste na transferência de larvas para cúpulas artificiais com geleia real. Sabe-se que um dos fatores que causa diferença no tamanho das rainhas criadas artificialmente é a idade da larva (TARPY et al., 2000), que varia em horas, tornando difícil a padronização no momento da enxertia.

O desafio da produção padronizada de rainhas ainda vai além, pois a mini-recria que é a receptora da larva transferida, e que de fato cuidará do desenvolvimento

da rainha, também pode influenciar no tamanho final desse inseto (MATTIELLO et al., 2022). Além disso, fatores como disponibilidade de alimentos (ANTON; GROZINGER, 2022), período de produção (MATTIELLO et al., 2022) e genética (BÜCHLER et al., 2013; PORPORATO; LAURINO, 2013), também influenciam na criação de rainhas.

Frente ao material mensurado, o teste de Kruskal-Wallis (Tabela 4) foi realizado para verificar dentro de cada variável, quais características são realmente diferentes. Dessa forma, foi observado diferença para nove características da variável remessa, e seis para as variáveis família e *status* reprodutivo. A variação observada no material recebido, a princípio denota a falta de padrão para as características avaliadas, no entanto, pode também indicar potenciais características passíveis de seleção genética.

Dentro de cada remessa, se observou variabilidade considerável para quase todas as características morfométricas e reprodutivas avaliadas, exceto para a largura do tórax (L_tórax) e número de ovários para ovários direito e esquerdo (N_ov_D e N_ov_E) (Tabela 4). A largura do tórax de rainhas parece variar pouco em diversos estudos (HATCH et al., 1999; FACCHINI et al., 2021), assim como o número de ovários (GREGORC et al., 2015; PORPORATO et al., 2015), indicando um padrão da própria espécie, independente da remessa recebida.

Tabela 1- Descrição das características morfométricas e reprodutivas para a variável remessa, a partir dos valores da mediana (Med), mínima (Min) e máxima (Max) para abelhas rainhas (*A. mellifera*) africanizadas comerciais.

Categorias		Características morfométricas						Características reprodutivas					
		Peso_2 (mg)	CT (mm)	L_abd (mm)	C_asa (mm)	L_asa (mm)	C_tórax (mm)	L_tórax (mm)	PE (mg)	OD (mg)	OE (mg)	N_ov_D (un)	N_ov_E (un)
Remessa I	Med	145,30	16,82	4,61	9,40	3,48	4,37	4,48	0,60	4,15	5,60	130,50	130,50
	Min	93,20	93,20	3,27	8,22	2,55	3,68	3,55	0,30	0,30	0,30	15,00	40,00
	Max	201,10	19,33	5,45	11,92	4,27	5,25	5,80	1,50	18,60	17,70	302,00	233,00
Remessa II	Med	156,70	17,97	4,87	9,87	3,34	4,54	4,50	0,80	4,65	5,50	119,90	119,50
	Min	111,80	12,10	4,23	8,38	2,94	3,82	3,39	0,30	0,60	0,50	47,00	41,00
	Max	208,00	20,20	5,45	10,90	4,12	5,82	5,54	1,60	24,10	22,70	303,00	230,00
Remessa III	Med	148,80	16,47	4,85	9,61	3,29	4,53	4,43	0,80	19,75	18,80	116,50	138,00
	Min	100,50	14,25	4,12	8,56	2,81	3,50	4,00	0,30	1,30	1,00	54,00	54,00
	Max	271,30	19,35	5,50	10,75	3,78	5,31	5,31	1,60	35,60	34,10	221,00	274,00

Peso-2 (peso úmido), CT (comprimento total), L_abd (largura de abdômen), C_asa (comprimento de asa), L_asa (largura de asa), C_torax (comprimento de tórax), L_torax (largura de tórax), PE (peso da espermateca), OD (peso úmido do ovário direito), OE (peso úmido do ovário esquerdo), N_ov_D (número de ovariolo do ovário direito) e N_ov_E (número de ovariolo do ovário esquerdo). **Fonte: Autoria própria (2022).**

Tabela 2- Descrição das características morfométricas e reprodutivas para a variável família, a partir dos valores da mediana (Med), mínima (Min) e máxima (Max) para abelhas rainhas (*A. mellifera*) africanizadas comerciais.

Categorias		Características morfométricas						Características reprodutivas					
		Peso_2 (mg)	CT (mm)	L_abd (mm)	C_asa (mm)	L_asa (mm)	C_tórax (mm)	L_tórax (mm)	PE (mg)	OD (mg)	OE (mg)	N_ov_D (un)	N_ov_E (un)
Família 1	Med	137,40	16,66	4,58	9,35	3,45	4,25	4,48	0,60	4,20	6,70	125,00	107,50
	Min	106,70	13,35	3,27	8,44	2,62	3,68	3,73	0,30	0,30	0,30	15,00	40,00
	Max	183,90	19,33	5,22	10,84	4,00	5,15	5,50	1,30	13,50	12,70	180,00	201,00
Família 2	Med	151,60	16,94	4,71	9,40	3,42	4,44	4,49	0,70	4,70	5,25	126,50	140,00
	Min	100,30	12,56	3,62	8,22	2,55	3,73	3,72	0,30	0,60	0,50	56,00	54,00
	Max	186,20	18,90	5,33	10,45	4,11	5,14	5,39	1,50	12,50	13,60	212,00	233,00
Família 3	Med	150,50	16,83	4,59	9,56	3,52	4,38	4,47	0,60	4,15	3,85	133,00	133,50
	Min	93,20	11,60	4,01	8,45	2,85	3,97	3,55	0,30	1,10	0,60	41,00	54,00
	Max	201,10	19,06	5,45	11,92	4,27	5,25	5,80	1,20	18,60	17,70	302,00	233,00
Família 4	Med	139,90	15,68	4,85	9,86	3,29	4,62	4,38	0,70	19,00	18,45	88,00	138,00
	Min	106,30	14,25	4,12	9,05	2,81	3,50	4,00	0,50	1,50	1,30	54,00	55,00
	Max	214,00	19,15	5,28	10,71	3,68	5,15	4,92	1,60	30,30	28,10	197,00	187,00
Família 5	Med	181,00	18,26	4,92	9,82	3,32	4,66	4,53	0,80	15,00	15,50	90,00	108,00

	Min	121,40	15,09	4,29	8,38	3,03	3,82	4,11	0,30	0,60	0,80	53,00	41,00
	Max	208,00	20,02	5,38	10,89	4,12	5,73	5,01	1,60	24,10	22,70	177,00	169,00
Família 6	Med	133,60	15,74	4,84	9,45	3,30	4,60	4,56	0,60	3,25	4,10	116,50	136,00
	Min	100,50	14,41	4,22	8,56	2,91	3,79	4,15	0,30	1,30	1,00	83,00	54,00
	Max	173,30	17,86	5,17	10,40	3,78	5,19	5,31	1,60	33,80	27,30	221,00	172,00
Família 7	Med	149,70	18,10	4,90	9,96	3,35	4,55	4,49	0,90	2,40	1,60	134,00	125,00
	Min	116,50	12,10	4,43	8,64	3,11	3,94	4,02	0,30	1,00	0,90	47,00	68,00
	Max	195,20	20,20	5,24	10,90	3,95	5,82	5,19	1,10	21,40	20,80	303,00	207,00
Família 8	Med	152,10	17,48	4,76	9,70	3,34	4,53	4,44	0,70	4,30	5,45	111,00	117,00
	Min	111,80	14,31	4,23	8,42	2,94	3,94	3,39	0,30	0,70	0,50	76,00	48,00
	Max	203,90	19,35	5,45	10,50	3,68	5,41	5,54	1,20	21,80	20,90	216,00	230,00
Família 9	Med	167,50	17,89	4,90	9,57	3,28	4,35	4,40	0,90	25,50	24,25	137,00	153,00
	Min	127,30	14,45	4,32	9,03	2,98	3,81	4,12	0,30	2,60	2,20	67,00	72,00
	Max	271,30	19,35	5,50	10,57	3,67	5,31	5,12	1,60	35,60	34,10	190,00	274,00

Peso-2 (peso úmido), CT (comprimento total), L_abd (largura de abdômen), C_asa (comprimento de asa), L_asa (largura de asa), C_torax (comprimento de tórax), L_torax (largura de tórax), PE (peso da espermateca), OD (peso úmido do ovário direito), OE (peso úmido do ovário esquerdo), N_ov_D (número de ovariolo do ovário direito) e N_ov_E (número de ovariolo do ovário esquerdo). **Fonte: Autoria própria (2022).**

Tabela 3- Descrição das características morfométricas e reprodutivas para a variável Status reprodutivo, a partir dos valores da mediana (Med), mínima (Min) e máxima (Max) para abelhas rainhas (*A. mellifera*) africanizadas comerciais.

Categorias		Características morfométricas						Características reprodutivas					
		Peso_2 (mg)	CT (mm)	L_abd (mm)	C_asa (mm)	L_asa (mm)	C_tórax (mm)	L_tórax (mm)	PE (mg)	OD (mg)	OE (mg)	N_ov_D (un)	N_ov_E (un)
Virgem	Med	137,70	16,51	4,70	9,54	3,34	4,44	4,49	0,60	1,40	1,40	131,00	131,00
	Min	100,30	11,60	3,38	8,22	2,55	3,68	3,39	0,30	0,30	0,30	15,00	48,00
	Max	199,60	19,55	5,45	11,92	4,27	5,55	5,56	1,60	4,90	4,50	303,00	189,00
Fecundada	Med	157,90	17,43	4,84	9,61	3,40	4,48	4,44	0,70	12,50	12,80	111,50	127,00
	Min	93,20	12,10	3,27	8,38	2,81	3,50	3,72	0,30	5,90	5,60	41,00	40,00
	Max	271,30	20,20	5,50	10,84	4,12	5,82	5,80	1,60	35,60	34,10	302,00	274,00

Peso-2 (peso úmido), CT (comprimento total), L_abd (largura de abdômen), C_asa (comprimento de asa), L_asa (largura de asa), C_torax (comprimento de tórax), L_torax (largura de tórax), PE (peso da espermateca), OD (peso úmido do ovário direito), OE (peso úmido do ovário esquerdo), N_ov_D (número de ovariolo do ovário direito) e N_ov_E (número de ovariolo do ovário esquerdo). **Fonte: Autoria própria (2022).**

Tabela 4- Teste de comparação das características morfométricas e reprodutivas, a partir dos valores da mediana, para todas as categorias das respectivas variáveis.

Variáveis	Categorias	Características morfométricas							Características reprodutivas				
		Peso_2 (mg)	CT (mm)	L_abd (mm)	C_asa (mm)	L_asa (mm)	C_tórax (mm)	L_tórax (mm)	PE (mg)	OD (mg)	OE (mg)	N_ov_D (un)	N_ov_E (un)
Remessas	Remessa I	145,05 ^{b*}	16,53 ^b	4,57 ^b	9,49 ^b	3,43 ^a	4,39 ^b	4,47	0,64 ^b	5,95 ^c	5,83 ^b	123,00	125,04
	Remessa II	159,54 ^a	17,65 ^a	4,86 ^a	9,78 ^a	3,37 ^{ab}	4,64 ^a	4,50	0,78 ^a	9,02 ^b	9,07 ^b	120,84	123,61
	Remessa III	151,38 ^{ab}	16,39 ^b	4,83 ^a	9,68 ^{ab}	3,28 ^b	4,53 ^{ab}	4,48	0,83 ^a	15,57 ^a	14,60 ^a	121,39	134,18
Famílias	Família 1	140,10 ^c	16,56 ^{bc}	4,47 ^b	9,40	3,40	4,35	4,45	0,60 ^b	5,45 ^c	5,37 ^c	117,64	103,69
	Família 2	146,50 ^{bc}	16,47 ^{bc}	4,60 ^{ab}	9,46	3,37	4,37	4,46	0,69 ^{ab}	6,06 ^{bc}	6,03 ^{bc}	118,00	136,96
	Família 3	149,09 ^{abc}	16,55 ^{bc}	4,65 ^{ab}	9,62	3,51	4,46	4,51	0,64 ^{ab}	6,38 ^{bc}	6,12 ^{bc}	133,74	136,18
	Família 4	146,91 ^{bc}	16,21 ^{bc}	4,80 ^{ab}	9,83	3,27	4,52	4,41	0,84 ^{ab}	14,66 ^{ab}	13,61 ^{ab}	109,66	131,61
	Família 5	174,69 ^a	18,28 ^a	4,90 ^{ab}	9,74	3,40	4,68	4,55	0,82 ^{ab}	10,86 ^{abc}	10,77 ^{abc}	100,27	105,16
	Família 6	134,73 ^c	15,70 ^c	4,77 ^{ab}	9,47	3,30	4,62	4,60	0,71 ^{ab}	12,11 ^{abc}	11,20 ^{abc}	127,83	126,40
	Família 7	155,55 ^{abc}	17,42 ^{ab}	4,89 ^{ab}	9,91	3,38	4,63	4,52	0,80 ^{ab}	8,06 ^{abc}	8,31 ^{abc}	140,41	134,09
	Família 8	149,81 ^{abc}	17,31 ^{ab}	4,80 ^{ab}	9,66	3,31	4,62	4,44	0,73 ^{ab}	8,31 ^{abc}	8,28 ^{abc}	120,00	131,76
	Família 9	174,82 ^a	17,37 ^{ab}	4,92 ^a	9,70	3,27	4,44	4,43	0,93 ^a	20,08 ^a	19,16 ^a	131,60	142,22
Status reprodutivo	Virgem	138,90 ^b	16,30 ^b	4,63 ^b	9,58	3,33	4,45	4,48	0,67 ^b	1,59 ^b	1,50 ^b	126,83	121,94
	Fecundada	161,57 ^a	17,23 ^a	4,79 ^a	9,63	3,42	4,53	4,48	0,77 ^a	15,63 ^a	15,18 ^a	119,41	129,50

* Letras sobrescritas indicam diferença entre as categorias das respectivas variáveis pelo teste de Kruskal-Wallis ($p = 0,05$). Peso-2 (peso úmido), CT (comprimento total), L_abd (largura de abdômen), C_asa (comprimento de asa), L_asa (largura de asa), C_tórax (comprimento de tórax), L_tórax (largura de tórax), PE (peso da espermateca), OD (peso úmido do ovário direito), OE (peso úmido do ovário esquerdo), N_ov_D (número de ovariolo do ovário direito) e N_ov_E (número de ovariolo do ovário esquerdo).

Fonte: Autoria própria (2022).

Ainda para a variável remessa, as características que foram avaliadas por meio de pesagens, como peso da rainha (Peso_2), da espermateca (PE), dos ovários direito (OD) e esquerdo (OE) foram diferentes entre remessas, pois trata-se do peso vivo e não do peso seco. Durante o processo de transporte, a temperatura pode variar drasticamente, impactando na umidade do ar, refletindo na desidratação do inseto. Ademais, rainhas submetidas ao transporte de despacho expresso não têm acesso à água, passando todo o período de deslocamento sem hidratação (WITHROW et al., 2019; ROUSSEAU et al., 2020).

As características comprimento total (CT) e largura do abdome (L_abd) seguiram o mesmo padrão de variação observado para as características mensuradas por meio de pesagem, pois são ligadas ao tamanho das rainhas (Tabela 4). É interessante notar que poucos estudos utilizam o tamanho da rainha (comprimento total - CT) como indicador de qualidade. Em pesquisa realizada por Tarpy et al. (2013) foi observado que essa característica está relacionada com o maior número de machos encontrados no acasalamento, e com a maior quantidade de espermatozoides armazenados. Segundo Wright et al. (2019) para a vespa do papel, *Polistes metricus* Say, 1831, (Hymenoptera: Vespidae), o tamanho da rainha é um indicador da aptidão da colônia para insetos eussociais, já que rainhas maiores deram origem a colônias maiores.

O comprimento (C_asa) e largura de asa (L_asa) parece não apresentar um padrão dentro da variável remessa, e quando expandidas para as outras variáveis como família e *status* reprodutivo acabam por não apresentar diferença. As asas das rainhas, principalmente das virgens são importantes, pois serão necessárias para o processo de acasalamento que ocorre em voo livre (SEELEY, 1995; WINSTON, 2003; CRUZ-LANDIM, 2009), porém sua mensuração via paquímetro digital trata-se de um processo delicado, em que qualquer imprecisão poderá impactar negativamente em sua avaliação. Sendo assim, se o comprimento e a largura da asa for uma característica morfométrica interessante para a seleção, novos métodos de mensuração devem ser testados em rainhas vivas, a fim de aumentar a precisão da informação coletada.

Os criatórios de rainhas mantêm o controle do pedigree materno de suas matrizes, sendo essa uma informação importante para atender melhor ao apicultor que se preocupa em manter a variabilidade de material genético em seu plantel. Na

Tabela 4 é possível observar que existe variação para as características mensuradas entre famílias, exceto para asas, tórax e número de ovários direito e esquerdo.

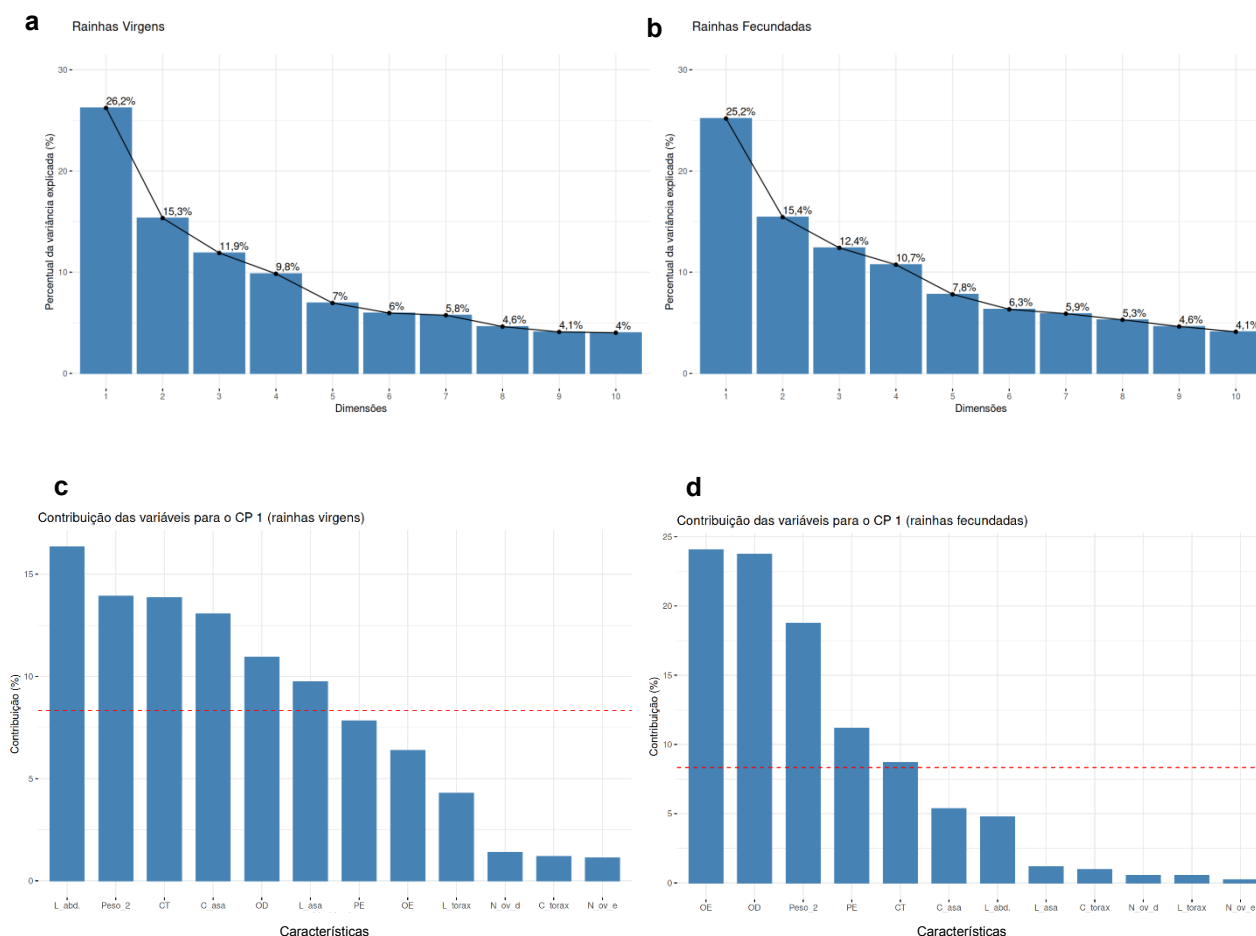
As famílias 1 e 9 apresentaram um padrão de diferença para as características largura do abdome (L_abd), peso da espermateca (PE) e dos ovários direito (OD) e esquerdo (OE), sendo a 9 com valores de mediana superiores ao da família 1 (Tabela 4). As demais famílias são similares entre as características avaliadas. Apesar de existir um controle de pedigree materno dentro dos criatórios, a informação paterna é perdida. Sabe-se que um pedigree incompleto ou controlado parcialmente pode descaracterizar o processo de seleção (PLATE et al., 2019), impactando na informação fenotípica.

A diferença entre rainhas virgens e fecundadas para peso (Peso_2) comprimento total (CT), largura do abdome (L_abd), peso da espermateca (PE) e dos ovários direito (OD) e esquerdo (OE) é evidente (Tabela 4), característico da espécie *A. mellifera*, entretanto, trata-se da primeira descrição quantitativa dessa diferença em rainhas comercializadas em território nacional. Tórax (C_torax; L_torax) e asa (C_asa; L_asa) não variam entre *status* reprodutivo, assim como o número de ovários para ovários direito (N_ov_D) e esquerdo (N_ov_E), indicando que essas características, se importantes para um processo de seleção, podem ser mensuradas cedo na vida da rainha, ainda virgem, se mantendo após o processo de fecundação. Ou seja, torna-se possível escolher em qual momento, se virgem ou fecundada, a mensuração da característica é mais prática e precisa.

5.1.2 Análise de componentes principais (ACP)

Os dois primeiros componentes principais (CPs) explicaram 41,5% e 40,6% da variação dos dados (Figura 7), sendo o CP1 responsável por 26,2% e 25,2% e o CP2, por 15,3% e 15,4% da variação para rainhas virgens e fecundadas, respectivamente. Dessa forma, a partir das 12 características avaliadas para virgens e fecundadas, os dois primeiros CPs resumem efetivamente a variação dos dados, onde cada característica apresenta contribuição percentual independente para a formação dos CPs.

Figura 7 – Análise de componentes principais para as dez primeiras dimensões, para explicar a variação do grupo de rainhas a) virgens e b) fecundadas. Contribuição de cada uma das características na primeira dimensão para c) virgens e d) fecundadas.



Fonte: Autoria própria (2022)

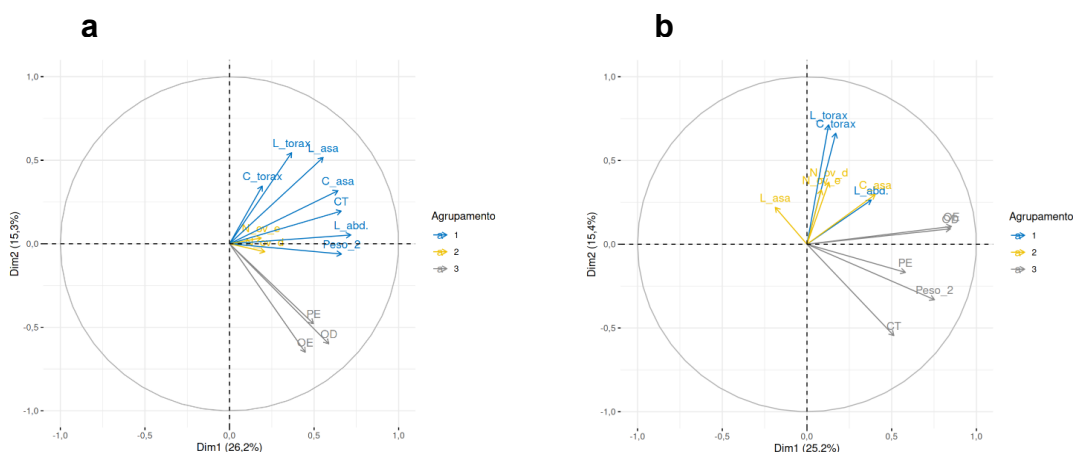
A contribuição das características para a formação do primeiro componente principal revela muito da diferenciação morfofisiológica decorrida do processo de acasalamento nas abelhas rainhas e como esse evento influencia o impacto das características na estrutura final (FAHRBACH et al., 1995; DELANEY et al., 2011). Para rainhas virgens as características que apresentam maior contribuição média para a formação do CP1 são largura do abdômen, seguido pelo peso, comprimento total e da asa, peso de ovário direito e largura da asa (Figura 7c).

Assim, é possível observar que a contribuição das características para a formação do CP1 ocorre de forma mais homogênea para as rainhas virgens em comparação com as fecundadas. Já que para estas, as características peso dos ovários esquerdo e direito, peso e peso da espermateca apresentam maior contribuição média na formação do primeiro CP (Figura 7d).

Essas diferenças entre rainhas virgens e fecundadas podem ser explicadas pelas mudanças desencadeadas após o processo de acasalamento (FAHRBACH et al., 1995; KOCHER et al., 2008). Segundo os mesmos autores, o padrão de expressão de RNAs nos ovários e cérebro entre rainhas virgens e fecundadas apresentam padrões de transcrições distintos para vários genes, e essa diferença leva a mudanças fisiológicas e comportamentais após o acasalamento.

A análise de agrupamento realizada para os dois primeiros CPs evidencia a formação de três grupos (*cluster*) distintos com base na correlação dessas características, para rainhas virgens e fecundadas (Figura 8). A contribuição das características para os dois primeiros CPs e a forma como estão correlacionados entre si são muito distintas entre os dois *status* reprodutivos.

Figura 8 – Análise de componentes principais mostrando as duas primeiras dimensões, para explicar a correlação das características entre rainhas a) virgens e b) fecundadas.



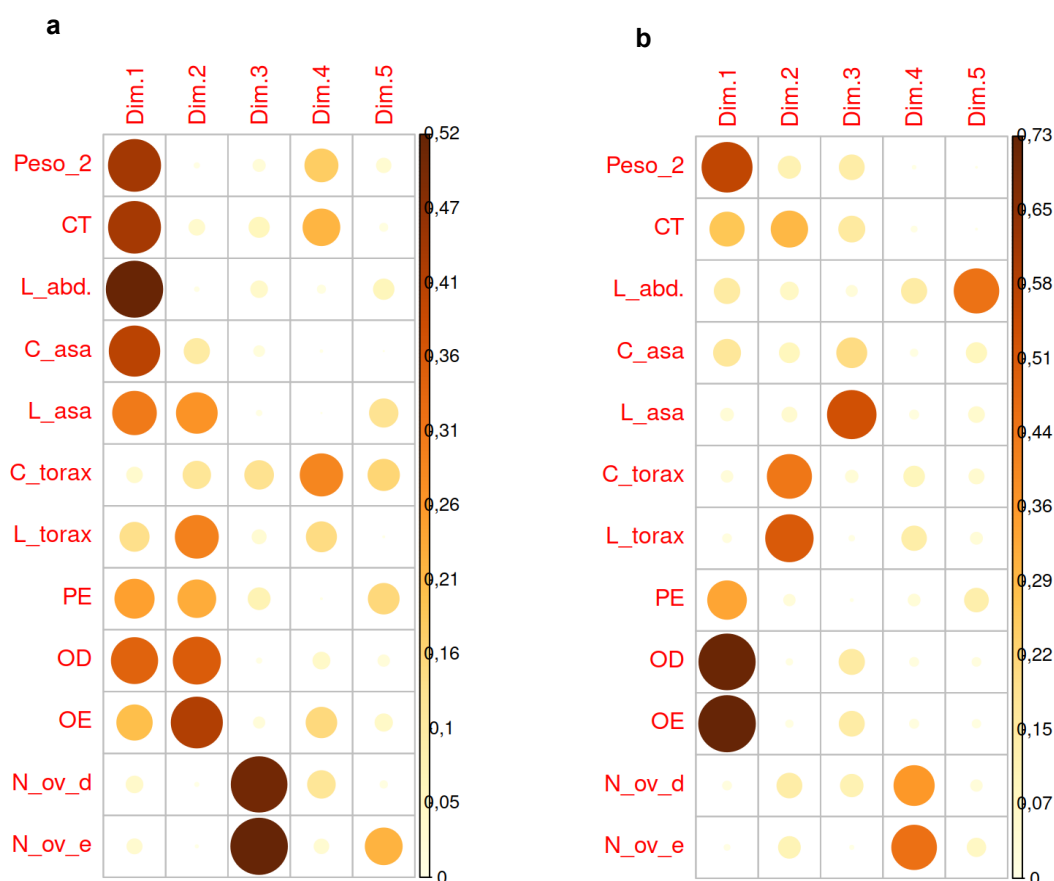
Fonte: Autoria própria (2022)

Para rainhas virgens as características morfométricas e reprodutivas estão agrupadas em *cluster* distintos. As características morfométricas impactam de forma mais significativa na formação dos CPs 1 e 2, e apresentam alta correlação entre elas (direção dos vetores). As características reprodutivas também exibiram alta correlação, exceto para número de ovários que formou um *cluster* distinto e com pouca influência, contudo com alta correlação entre eles (Figura 8a).

Para as rainhas fecundadas as características reprodutivas permaneceram agrupadas, exceto número de ovários, e a elas se somaram o peso e o comprimento total. Os vetores para peso (Peso_2) e peso de ovário direito (OD) e esquerdo (OE) são maiores, indicando maior contribuição na formação dos CPs 1 e 2 (Figura 8b).

As características morfométricas que ficaram isoladas em um único *cluster* para rainhas virgens, apresentaram maior distribuição na formação dos grupos nas fecundadas, onde, largura e comprimento de asa aparecem agrupados com número de ovariolos, ainda que com baixo impacto na formação dos dois primeiros CPs. O comprimento e largura do tórax e largura do abdômen formaram o terceiro *cluster* para rainhas fecundadas, onde as duas primeiras características apresentam maior correlação entre si.

Figura 9 – Representação gráfica mostrando as características distribuídas ao longo das cinco primeiras dimensões (CPs): para rainhas a) virgens e b) fecundadas. A cor e o diâmetro dos círculos representam o impacto e a contribuição da respectiva característica para a formação da dimensão. Círculos maiores e mais escuros possuem maior impacto e contribuição para a formação da dimensão.



Fonte: Autoria própria (2022)

A distribuição das características entre as dimensões fica mais clara ao expandir o campo de visualização para as cinco primeiras CPs (Figura 9), onde fica evidente a maior contribuição do número de ovariolos em rainhas virgens na terceira dimensão. O mesmo padrão é observado em relação à maior contribuição das características morfométricas nas virgens e entre peso e peso de ovários para rainhas

fecundadas. Com base no *status* reprodutivo é possível observar a diferença existente dentro da amostra analisada, onde as quatro primeiras características (L_abd, Peso_2, CT e C_asa para rainhas virgens e OD, OE, Peso_2 e PE para rainhas fecundadas) discriminam bem os dois grupos (Figura 10). Já a avaliação a partir da variável remessa (Figura 11), mostrou grande variação dentro dos grupos, não sendo possível discriminar, de forma clara, as três remessas.

Resultado semelhante foi encontrado para variável família, o que indica grande variação das características dentro dessa variável. A padronização de características relacionadas à qualidade da rainha é um parâmetro muito importante a ser estabelecido no mercado de produção (HATJINA et al., 2014; GREGORC et al., 2015), contudo muitos estudos ainda serão necessários para atingir esse modelo de mercado para as abelhas africanizadas.

Figura 10 – Dispersão dos indivíduos dentro dos grupos que compõem o *status* reprodutivo (rosa – rainhas virgens, verde – rainhas fecundadas), a partir dos dois primeiros componentes principais.

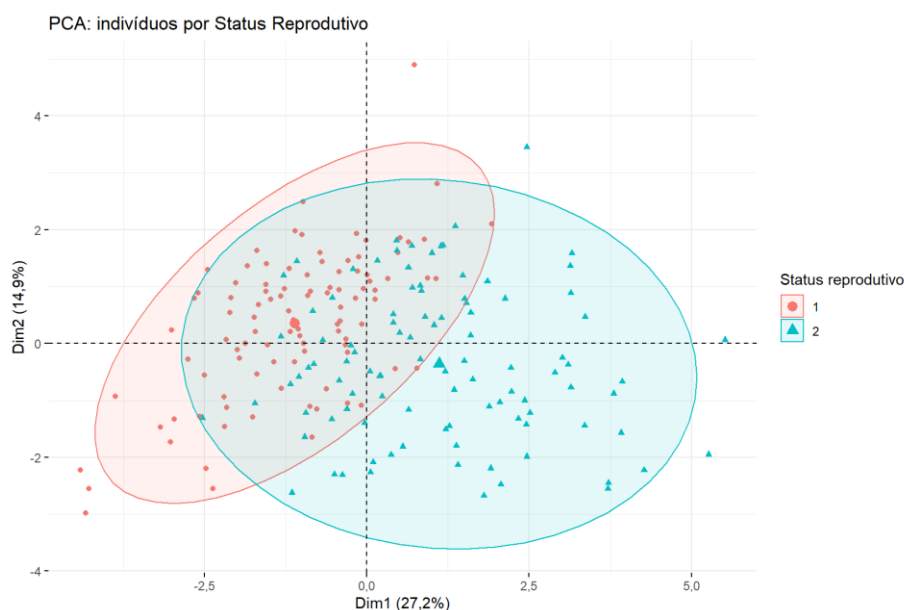
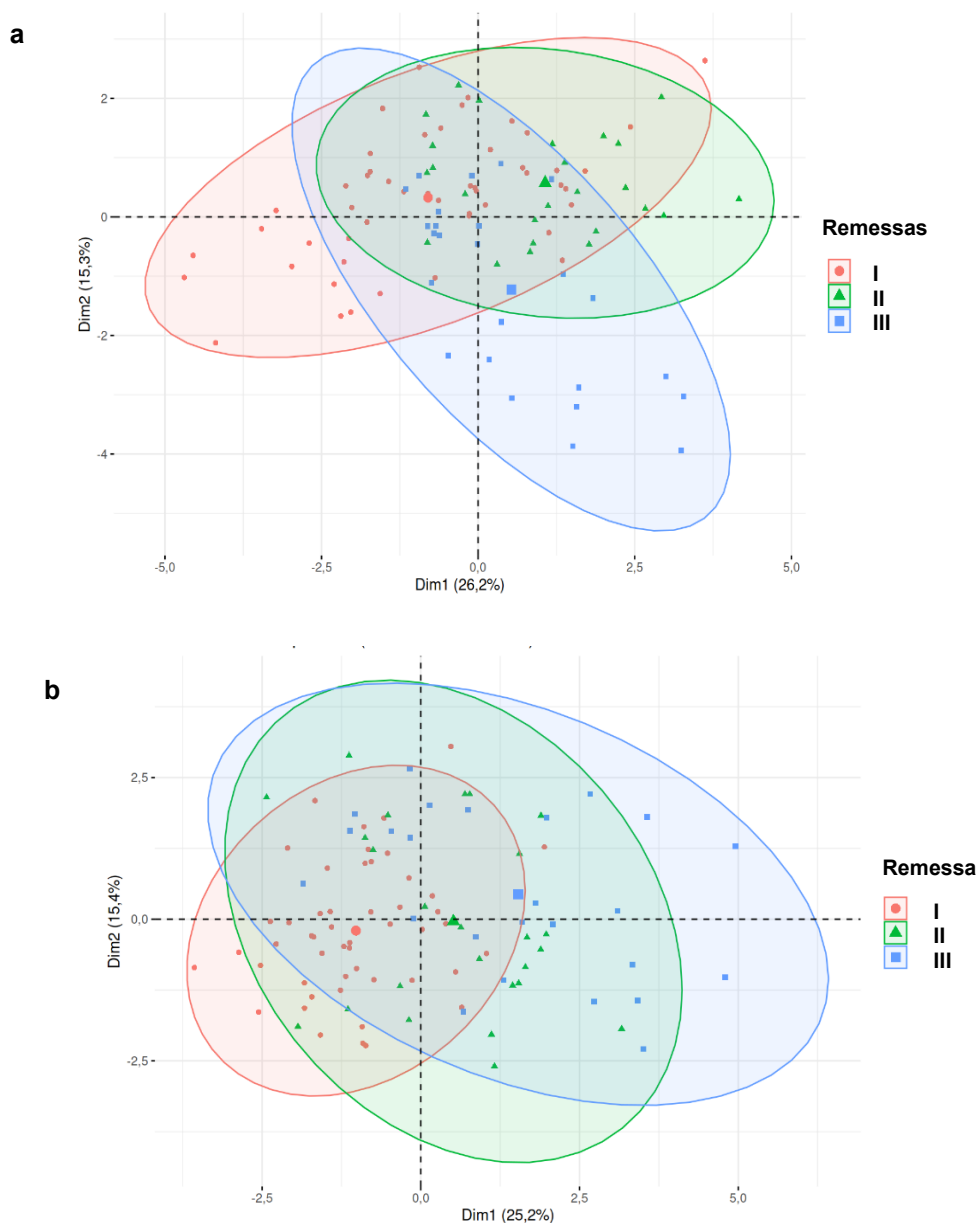


Figura 11 – Dispersão dos indivíduos dentro dos grupos que compõem as três remessas (rosa – remessa I, verde – remessa II e azul – remessa III), a partir dos dois primeiros componentes principais (CPs) para rainhas a) virgens e b) fecundadas.



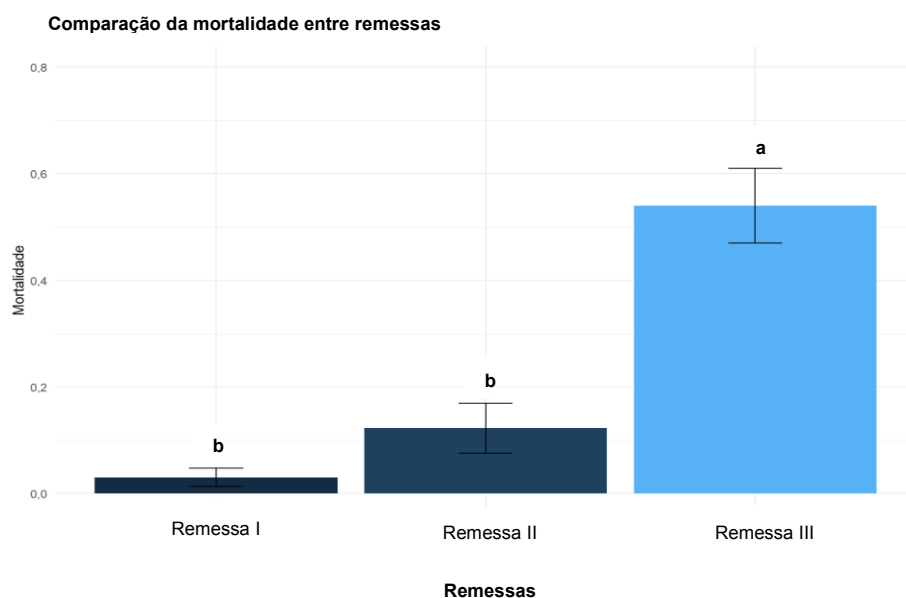
Fonte: Autoria própria (2022)

5.1.3 Taxa de mortalidade das abelhas rainhas

Durante a coleta de dados foi observado um total de 36 rainhas mortas. Diversos fatores podem ter contribuído para essa elevada taxa de mortalidade, dentre elas a qualidade das rainhas produzidas, o deslocamento entre o produtor e a instituição onde foi realizado a pesquisa, a forma de transporte utilizada, estresse do deslocamento, doenças preexistentes, desidratação, já que durante o transporte não é ofertado fonte de água, entre outros.

Assim, foi realizado teste para verificar a taxa de mortalidade dentro da amostra, onde a remessa I apresentou 3% de probabilidade de mortalidade, valor muito inferior ao observado para a remessa III, com 54% de probabilidade. A segunda remessa apresentou uma probabilidade de 12% de mortalidade, contudo esse valor não foi significativamente diferente quando comparado com a primeira remessa (Figura 12).

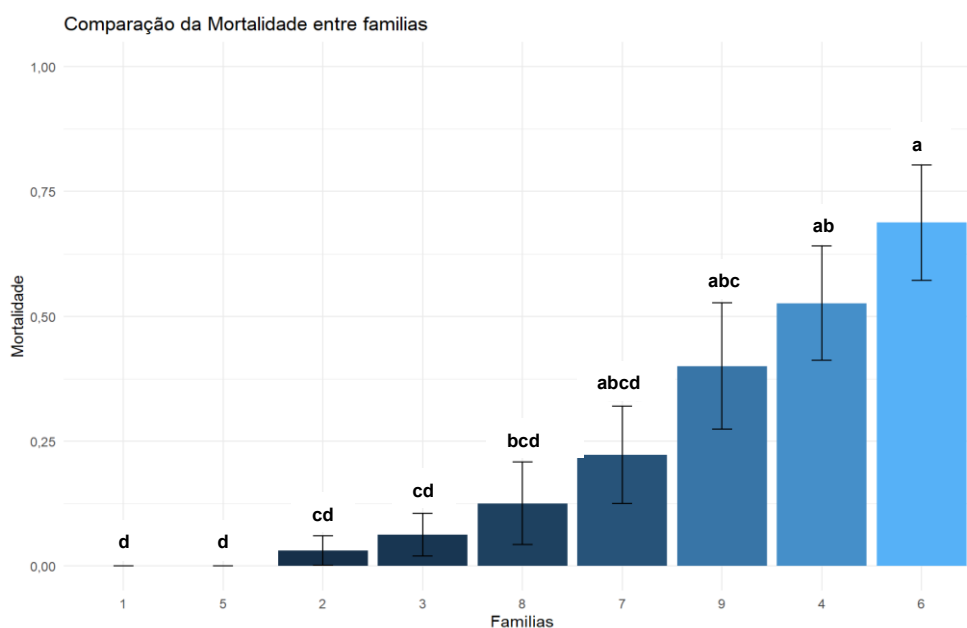
Figura 12 – Teste de comparações múltiplas para taxa de mortalidade de rainhas entre as três remessas.



Fonte: Autoria própria (2022)

Ao comparar a taxa de mortalidade entre as famílias (Figura 13) também foi verificado efeito significativo, que corrobora com os resultados encontrados para a variável remessa, já que as famílias, 6, 4 e 9, que compõem a remessa III apresentaram as maiores taxas de mortalidade, 68%, 52% e 40%, respectivamente. Não foi verificado nenhum efeito de mortalidade em relação ao *status* reprodutivo ($p = 0,2829$).

Figura 13 – Teste de comparações múltiplas para taxa de mortalidade de rainhas entre as famílias.



Fonte: Autoria própria (2022)

As causas que levam a baixa qualidade de rainhas é um dos principais focos de pesquisas dentro do comércio de produção de rainhas. Pesquisas similares desenvolvidas na Europa e América do Norte avaliaram o impacto das embalagens durante o transporte (ROUSSEAU et al., 2020), o impacto de choques térmicos a partir da variação de temperatura e humidade no transporte (PETTIS et al., 2016; WITHROW et al., 2019; MCAFEE et al., 2020), também foram avaliados, no intuito de verificar se o transporte impacta na qualidade final da rainha.

Em um estudo com rainhas comerciais realizado por Tarpay et al. (2012) foi relatado que apenas 87,14% das rainhas adquiridas puderam ser avaliadas, em decorrência da morte prematura antes mesmo do embarque, outras por não sobreviverem até o momento da coleta de dados. No presente estudo a taxa de mortalidade total foi maior (18%), contudo o elevado número amostral possibilitou maior segurança dos resultados.

5.1.4 Viabilidade espermática

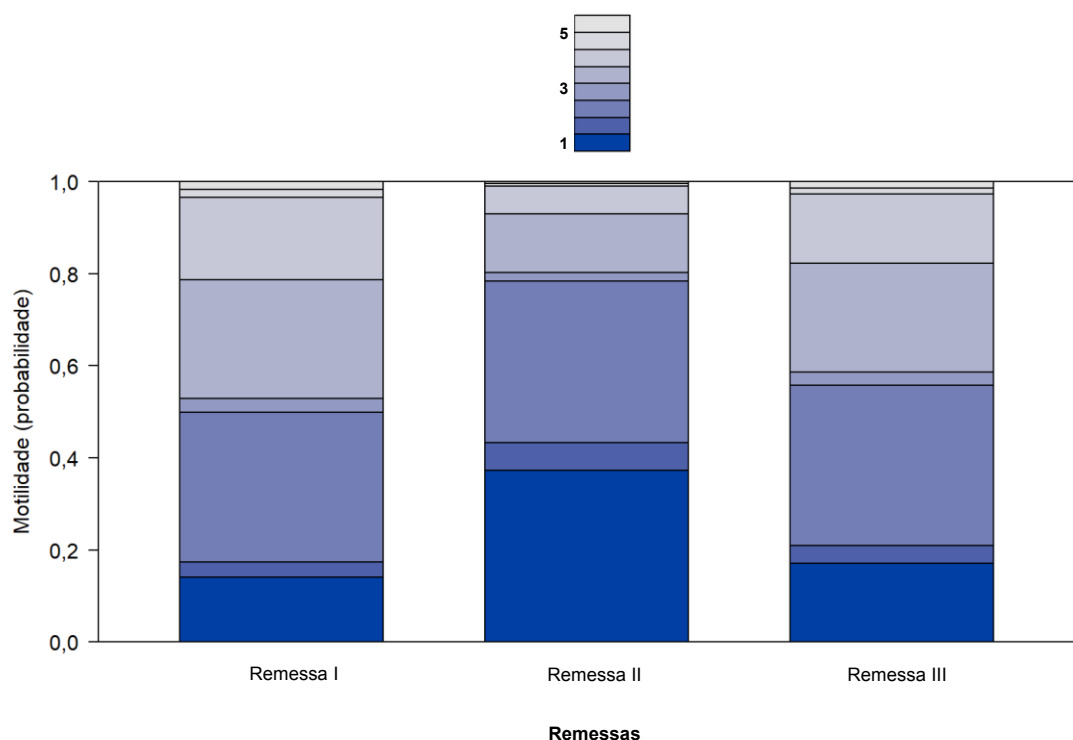
A qualidade dos espermatozoides obtidos pela rainha no voo nupcial irá nortear grande parte do desempenho reprodutivo da rainha e consequentemente a performance de produção da colônia (WINSTON, 2003; DELANEY et al., 2011). Um parâmetro importante dentro da viabilidade espermática é a taxa de motilidade, já que

está diretamente ligada a qualidade dos espermatozoides (WEGENER et al., 2012; YÁNIZ et al., 2019).

A análise de motilidade espermática é um parâmetro muito utilizado para análise de sêmen de mamíferos, contudo para as abelhas essa metodologia ainda é pouco utilizada. Locke e Peng (1993) propuseram um modelo com quatro escalas para medir a motilidade para sêmen de zangões, contudo por se tratar de uma avaliação subjetiva, as condições pré-análise podem influenciar na avaliação final.

A análise de motilidade (Figura 14) a partir da variável remessa apresentaram diferença ($p = 0,04592$), onde a remessa I e II apresentaram a maior, e a menor taxa de motilidade espermática, respectivamente. A remessa III não mostrou diferença entre as categorias. Para a variável família, o teste não apresentou diferença.

Figura 14 – Taxa de motilidade espermática entre as remessas. Apenas dados de rainhas fecundadas foram utilizados para essa análise. Escore de classificação: (1) movimento exclusivamente oscilatório, (2) movimentação lenta, (3) movimento intermediário, (4) progressivo retilíneo rápido e (5) progressivo retilíneo muito rápido.



Fonte: Autoria própria (2022)

A motilidade espermática possui grande importância para as abelhas em dois momentos, primeiro durante o acasalamento, onde a rainha irá armazenar na espermateca os espermatozoides a ser utilizado ao longo da sua vida, sendo esse um

momento de grande competitividade entre os espermatozoides e segundo, no momento de fertilização dos ovos (WINSTON, 2003; YÁNIZ et al., 2020).

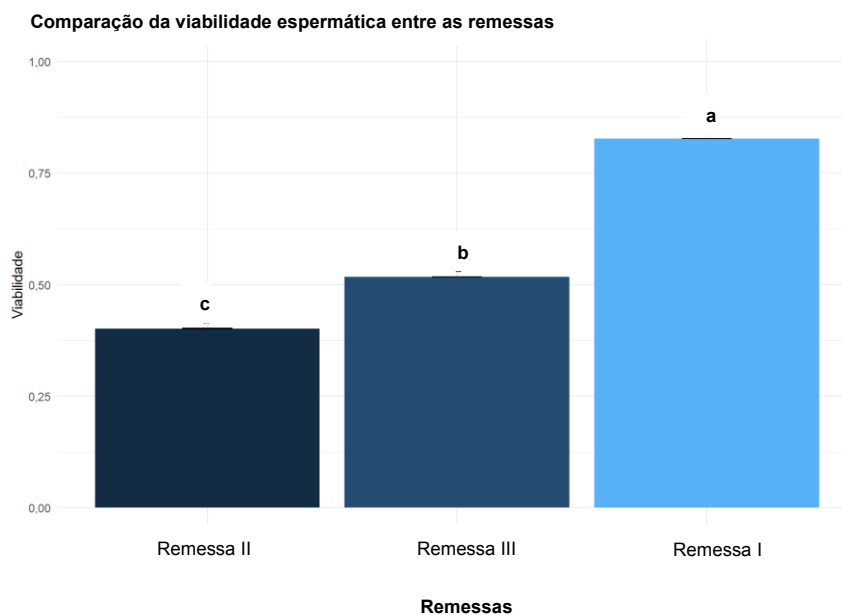
Muitos estudos que avaliaram a taxa de motilidade dos espermatozoides tinham por objetivo a criopreservação do sêmen coletado diretamente do zangão (LOCKE; PENG, 1993; WEGWNWR et al., 2012; YÁNIZ et al., 2019; 2020). Contudo, pouco ainda se sabe sobre a taxa de motilidade após o armazenamento na espermateca.

Em estudo realizado por Paynter et al. (2017) observaram que os espermatozoides do ejaculado, no momento do acasalamento, apresentam uma maior produção de adenosina trifosfato (ATP), nas mitocôndrias. Essa alta taxa de produção de energia visa ganhar a competição para ser armazenada. Após esse primeiro momento de alta competitividade, a elevada taxa de motilidade não se mostra mais necessária, já que as rainhas utilizam uma quantidade mínima de espermatozoides na fertilização dos óvulos, visando maximizar seu potencial reprodutivo a competitividade entre os espermatozoides é praticamente ausente (BAER et al., 2016).

É sabido que diversos fatores podem influenciar na baixa viabilidade espermática, como estação do ano (RHODES, 2008; MORAIS et al., 2022), quantidade de zangões utilizados para o acasalamento (DELANEY et al., 2011; TARPY et al., 2012), qualidade e idade dos zangões, exposição a pesticidas (LOCKE; PENG, 1993; PETTIS et al., 2016) e infecção por patógenos (GAUTHIER et al., 2011). Logo, a motilidade também será impactada pela variação desses fatores.

Na presente pesquisa a viabilidade espermática mostrou grande variação entre as duas variáveis analisadas, remessa e famílias. Para a variável remessa, a análise demonstrou diferenças significativas na viabilidade espermática entre as categorias ($p < 0,05$), onde a remessa I apresentou viabilidade espermática de 82%, e as remessas II e III apresentaram viabilidade de 40% e 51%, respectivamente (Figura 15).

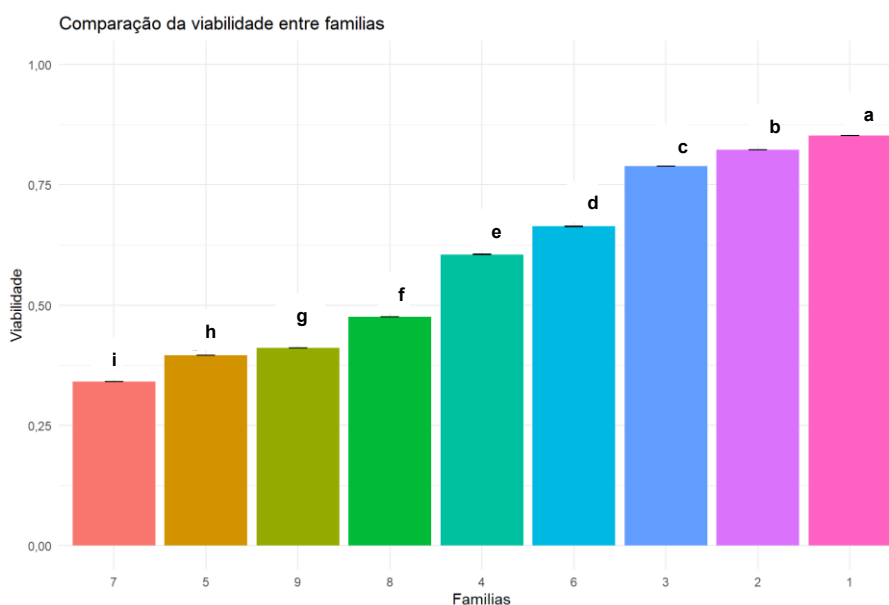
Figura 15 – Diferença percentual de viabilidade espermática entre as três remessas comerciais de abelhas rainhas.



Fonte: Autoria própria (2022)

A variável família (Figura 16) mostrou o mesmo padrão de resultados obtidos para remessa, com valores de 85%, 82% e 78% para as famílias 1, 2 e 3, respectivamente. Os menores valores encontrados ficaram abaixo de 50% de viabilidade espermática, para as famílias 7 (34%), 5 (39%), 9 (41%) e 8 (47%), respectivamente. Para as duas variáveis aqui analisadas (família e remessa), todas as categorias apresentaram diferença significativa.

Figura 16 – Análise da viabilidade espermática entre as famílias. Apenas dados de rainhas fecundadas foram utilizadas para essa análise.



Fonte: Aatoria própria (2022)

Segundo Pettis et al. (2016) estudando rainhas comerciais, encontraram que rainhas com viabilidade espermática inferior a 50% era indicativo de colônias fracas e para rainhas com viabilidade superior a 85%, as colônias foram classificadas com boa saúde. Em pesquisa realizada por Withrow et al. (2019) observaram variação da viabilidade espermática de 47% a 94,3% para um grupo de 195 rainhas transportadas comercialmente, submetidas a variação de temperatura durante o transporte.

Os dados apresentados até aqui mostram a importância de avaliar as características morfométricas e reprodutivas relacionados ao mercado de produção. Considerando as abelhas e suas estratégias reprodutivas (poliandria e sistema haplodiplóide), a avaliação dessas características se tornam ainda mais relevantes, principalmente quando pensamos em programas de melhoramento genético e na importância de encontrar parâmetros direcionadores das estratégias de seleção.

5.2 Parâmetros de seleção relacionadas a qualidade de rainhas

A padronização de características de produtos comercializados no mercado de produção, sejam eles de origem animal ou vegetal, vivos ou abatidos, é uma exigência e uma garantia da qualidade do produto (SOUSA, 2001). No cenário global de produção animal, o melhoramento genético vem ao longo dos anos moldando as características em busca de padrão de qualidade que atenda as demandas do mercado consumidor (NIETO et al., 2013; BOURDON, 2014).

5.2.1 Análise de variação

A variação das características apresentada na Tabela 5 mostram que para as variáveis remessa e *status* reprodutivo, seis características apresentaram variação, e apenas três para variável família. Dentre as características, peso de ovário direito e esquerdo foram as únicas que apresentaram diferença na variação para as três variáveis.

A variação apresentada na variável remessa pode ser um reflexo da captura de enxames na natureza, estratégia ainda utilizada para aumentar o número de colônias do plantel. Essa ainda é uma prática comum na apicultura nacional (SOUZA, 2006). Dessa forma, para as características peso (18,28 mg), peso de espermoteca (0,15 mg) e peso dos ovários, direito (4,71 mg) e esquerdo (4,51 mg), a remessa I

apresentou os menores valores de variação. Para o mercado produtor, menor variação indica padronização, isso reflete na qualidade das rainhas adquiridas já que pode garantir desempenho de produção semelhante entre as colônias.

Segundo Gregorc et al. (2015) estudando rainhas produzidas comercialmente na Eslovênia, estabeleceram como padrão de qualidade para rainhas fecundadas de *Apis mellifera carnica* as características, peso igual ou superior a 200 mg, apresentar 150 ovários, armazenar 4×10^6 espermatozoides na espermateca e não apresentar sinais de infecção por parasitos.

A utilização de características morfológicas em programas de melhoramento genético a partir de seleção indireta foram e ainda são muito utilizados, principalmente para espécies em que há pouca informação disponível (MAIA; LINO, 2009; FACCHINI et al., 2021). Um estudo realizado por Maia et al. (2019) selecionando rainhas de *A. mellifera* africanizadas para peso a emergência é um exemplo, já que obtiveram ganho de 26% na produtividade de mel, quando comparado com rainhas não selecionadas.

No entanto, para populações que não há programa de melhoramento genético estabelecidos, maior variação das características é um dado importante, já que haverá maior variação das características de interesse a serem utilizadas para a seleção (NIETO et al., 2013; BOURDON, 2014; ELER, 2017). Dessa forma, os valores de variação mais elevados encontrados para a remessa III e II, para as mesmas características citadas anteriormente, são dados importantes, já que não há programas de melhoramento genético estabelecido a nível nacional para abelhas africanizadas no Brasil. Resultado oposto foi verificado para as características largura do abdômen e da asa, onde os menores valores foram encontrados para as remessas II (0,23 mm, 0,24 mm) e III (0,17 mm, 0,15 mm), respectivamente (Tabela 5).

Dentro da variável família pouca variação das características foi verificada, onde além do peso dos ovários direito (10,00 mg) e esquerdo (10,45 mg) que apresentaram maior variação para as famílias 4 e 9, respectivamente, a largura do abdômen também variou, onde a maior variação foi verificada para a família 1 (0,42 mm).

Tabela 5 – Comparação da variação das características morfométricas e reprodutivas entre as categorias das variáveis, remessas, famílias e status reprodutivo.

Variáveis	Categorias	Características morfométricas							Características reprodutivas				
		Peso_2 (mg)	CT (mm)	L_abd (mm)	C_asa (mm)	L_asa (mm)	C_tórax (mm)	L_tórax (mm)	PE (mg)	OD (mg)	OE (mg)	N_ov_D (un)	N_ov_E (un)
Remessas	Remessa I	18,28 ^b	1,17	0,34 ^a	0,52	0,28 ^a	0,28	0,28	0,15 ^b	4,71 ^c	4,51 ^c	38,28	41,39
	Remessa II	22,46 ^{ab}	1,17	0,23 ^b	0,50	0,17 ^b	0,37	0,27	0,23 ^a	7,53 ^b	7,72 ^b	40,15	37,72
	Remessa III	26,49 ^a	1,39	0,24 ^b	0,44	0,15 ^b	0,34	0,21	0,29 ^a	11,15 ^a	10,56 ^a	38,89	38,55
Famílias	Família 1	17,74	1,17	0,42 ^a	0,38	0,29	0,33	0,27	0,13	4,50 ^b	4,19 ^b	35,20	40,23
	Família 2	17,21	1,23	0,37 ^{ab}	0,60	0,30	0,27	0,25	0,17	4,79 ^{ab}	4,72 ^b	36,61	36,80
	Família 3	17,77	1,11	0,22 ^b	0,57	0,25	0,23	0,33	0,14	4,86 ^{ab}	4,59 ^b	42,44	43,72
	Família 4	25,74	1,46	0,25 ^{ab}	0,43	0,16	0,30	0,16	0,25	10,00 ^a	9,17 ^{ab}	45,00	32,53
	Família 5	20,96	0,85	0,20 ^b	0,45	0,23	0,44	0,21	0,22	8,36 ^{ab}	8,39 ^{ab}	33,00	33,16
	Família 6	19,26	1,02	0,24 ^{ab}	0,34	0,16	0,34	0,24	0,26	9,81 ^{ab}	9,25 ^{ab}	28,50	29,60
	Família 7	19,76	1,43	0,21 ^b	0,50	0,15	0,35	0,20	0,21	6,59 ^{ab}	7,01 ^{ab}	44,41	28,18
	Família 8	18,70	1,00	0,25 ^{ab}	0,52	0,13	0,31	0,40	0,20	6,97 ^{ab}	6,97 ^{ab}	34,40	47,69
	Família 9	23,85	1,16	0,22 ^{ab}	0,47	0,12	0,35	0,21	0,28	9,85 ^{ab}	10,45 ^a	32,80	50,33
S. reprodutivo	Virgem	17,71 ^b	1,35	0,33	0,49	0,26	0,29 ^b	0,25	0,20	0,56 ^b	0,48 ^b	28,92 ^b	28,61 ^b
	Fecundada	22,02 ^a	1,19	0,26	0,54	0,21	0,36 ^a	0,27	0,21	5,42 ^a	5,41 ^a	45,34 ^a	47,93 ^a

* Letras sobrescritas indicam diferença entre as categorias das respectivas variáveis no teste de Brown e Forsythe ($p = 0,05$). Peso-2 (peso úmido), CT (comprimento total), L_abd (largura de abdômen), C_asa (comprimento de asa), L_asa (largura de asa), C_tórax (comprimento de tórax), L_tórax (largura de tórax), PE (peso da espermateca), OD (peso úmido do ovário direito), OE (peso úmido do ovário esquerdo), N_ov_D (número de ovariolo do ovário direito) e N_ov_E (número de ovariolo do ovário esquerdo).

Fonte: Autoria própria (2022).

As rainhas fecundadas apresentaram mais variação quando comparada com virgens para as características peso (22,02 mg), comprimento do tórax (0,36 mm), peso de ovário direito (5,42 mg) e esquerdo (5,41 mg). Além disso, o número de ovariolos do ovário direito (45,34) e esquerdo (47,93) apresentaram variação maior para rainhas fecundadas (Tabela 5). Esse resultado é inesperado, já que, ao realizar o teste de Kruskal-Wallis (tabela 4) não foi verificada diferença para número de ovariolos entre rainhas virgens e fecundadas. Mesmo o evento de acasalamento levando a um aumento de algumas características das rainhas, como aumento do peso e peso dos ovários (dado observado no presente trabalho) influenciados pelo aumento da produção de hormônios responsáveis pelo desenvolvimento dos óvulos (TANAKA; HARTFELDER, 2004; DELANEY et al., 2011), ele não leva a um aumento na quantidade de ovariolos.

Dessa forma uma maior variação para número de ovariolos em rainhas fecundadas em relação a rainhas virgens é um dado até então sem descrição na literatura, já que a quantidade de ovariolos de uma rainha é estabelecido ainda na fase larval (WANG et al., 2014; WANG; LI-BYARLAY, 2015). A explicação para esse dado se torna ainda mais complicado já que não houve variação dessa característica para as variáveis remessa e família. Assim, mais estudos são necessários para melhor compreender essa variação de número de ovariolos entre rainhas virgens e fecundadas.

5.2.2 Correlação de Spearman

Em relação a correlação das características, os valores variaram de -0,37 a 0,73 para rainhas virgens e -0,27 a 0,92 para rainhas fecundadas. As características que apresentaram os maiores valores de correlação para rainhas virgens foram, peso de ovário direito (OD) e esquerdo (OE) (0,73), comprimento total (CT) e largura do abdômen (L_abd) (0,60), comprimento total (CT) e comprimento e asa (C_asa) (0,52) e peso (Peso_2) e largura do abdômen (L_abd) (0,50) (Figura 17).

Para rainhas virgens foram observadas poucas correlações, com valores entre moderada a fraca. No entanto, a presença de correlação, mesmo baixa, entre características externas e reprodutivas são importantes para nortear como parâmetro de seleção em futuros programas de melhoramento genético (HATJINA et al., 2014; GREGORC et al., 2015; FACCHINI et al., 2021).

Na presente pesquisa as características comprimento total (CT) e peso da espermateca (PE) apresentaram correlação de 0,37, largura do abdômen (L_abd) e peso de ovário esquerdo (OE) de 0,34 e comprimento de tórax (C_torax) e número de ovariolo para o ovário direito (N_ov_d) apresentaram correlação negativa de -0,37 (Figura 17).

Em relação às rainhas fecundadas, foi possível observar uma maior quantidade de correlações positivas, bem como valores mais altos entre as características, quando comparado com rainhas virgens. Os valores mais elevados foram observados entre peso de ovário direito e esquerdo (0,92) e entre peso e as características peso do ovário esquerdo (0,78), ovário direito (0,74) e comprimento total (0,73). O peso também apresentou correlação positiva com as características peso da espermateca (0,51), comprimento do tórax (0,26), comprimento de asa (0,36) e largura do abdômen (0,53) (Figura 17).

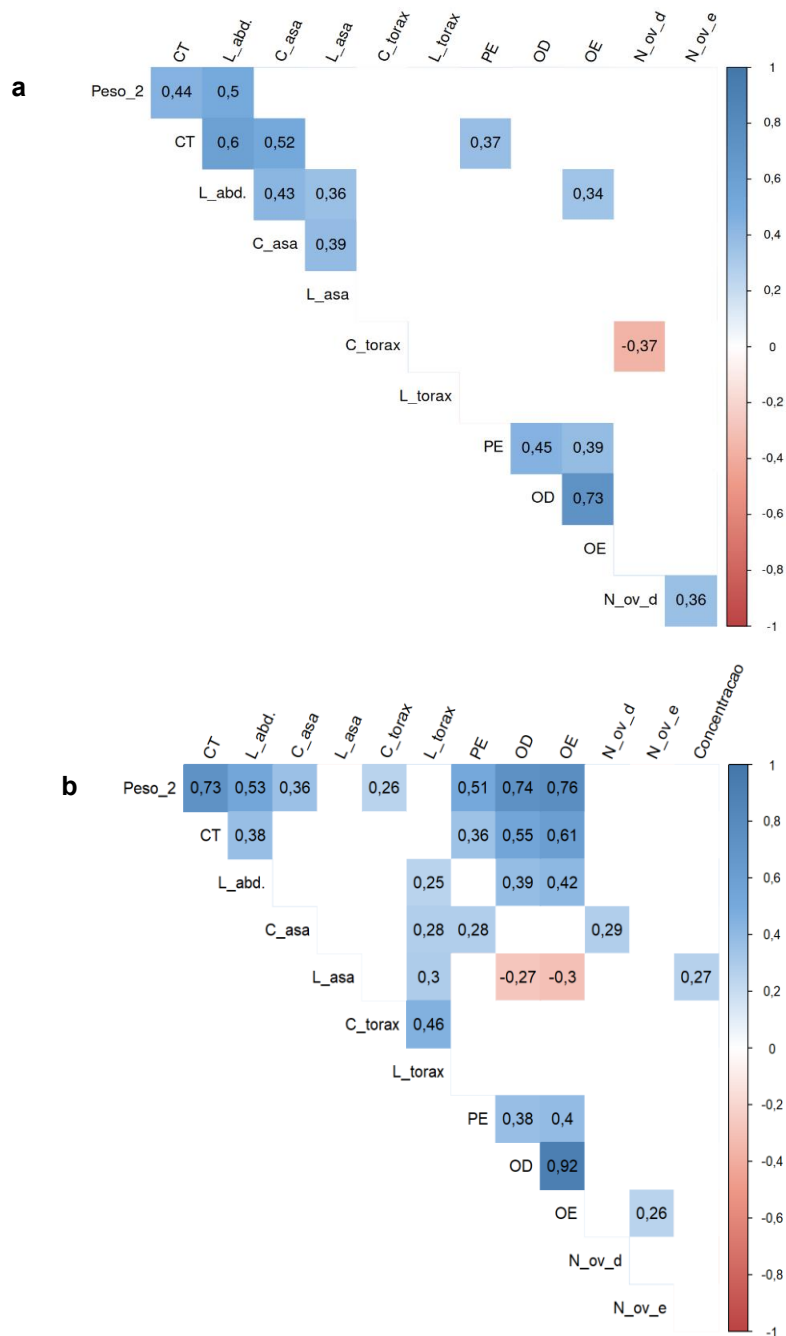
O comprimento total, mostrado na figura 17, também apresentou correlação positiva com três das seis características reprodutivas, sendo elas peso de ovário esquerdo (0,61), ovário direito (0,55) e peso da espermateca (0,36) e exibiu correlação com largura do abdômen (0,38). Essa última apresentou correlação com ovário direito (0,39) e esquerdo (0,42). Apesar de apresentar valores baixos, o comprimento de asa (C_asa) foi correlacionado com peso da espermateca (0,28) e número de ovariolo para ovário direito (0,29), já largura de asa (L_asa) obteve correlação negativa para peso do ovário direito (-0,27) e esquerdo (-0,30) e correlação positiva com concentração espermática (0,27) (Figura 17).

Dentre as características morfométricas assumidas como indicadores de boa qualidade da rainha, o peso é citado em diversos trabalhos (TARPY et al., 2000; 2011; DELANEY et al., 2011; TARPY et al., 2012; HATJINA et al., 2014; AMIRI et al., 2017; FACCHINI et al., 2021; MATTIELLE et al., 2022). Dessa forma, a correlação entre peso e características reprodutivas são frequentemente avaliadas. Contudo, para rainhas virgens essa correlação não foi observada com nenhuma das características reprodutivas aqui analisadas.

Em contrapartida, rainhas fecundadas apresentaram correlação positiva com sete características, sendo três delas reprodutivas. A correlação entre peso e características reprodutivas também foram encontradas por outros autores, Gilley et al. (2003) encontraram correlação entre o peso da rainha e o peso do ovário (0,61) e

o diâmetro da espermateca (0,30), Hatjina et al. (2014) encontraram correlação entre o peso e o número de ovariolo (0,32) e Arslan et al. (2021) para peso e volume (0,26) e diâmetro (0,25) da espermateca. Além disso, ausência de correlação também foi encontrada por Facchini et al. (2021) com rainhas fecundadas, onde o peso foi positivamente correlacionado apenas com outras características morfométricas, como encontrado aqui para rainhas virgens.

Figura 17 – Análise de correlação a) dados morfométricos e reprodutivos para rainhas virgens e b) morfométricos, reprodutivos e concentração de espermatozoides para rainhas fecundadas. A cor azul indica correlação positiva e vermelho negativa, quanto maior a intensidade da cor, maior a força da correlação. Branco indica ausência de correlação.



Fonte: A autoria própria (2022)

Alguns autores sugerem relação entre medidas do tórax e das asas com o potencial de acasalamento e armazenamento de espermatozoide na espermateca (HATCH et al., 1999; GILLEY et al., 2003; DELANEY et al., 2011; TARPY et al., 2011; FACCHINI et al., 2021). A musculatura de vôo presente no tórax exerce grande influência sobre a capacidade de voo das abelhas (SEELEY, 1995; WINSTON, 2003; CRUZ-LANDIM, 2009) durante o voo nupcial, podendo ocorrer mais de um, a rainha pode copular em média com até 12 zangões para obter sucesso de fecundação (TARPY; NIELSEN, 2002; SCHLÜNS et al., 2005; DELANEY et al., 2011). Dessa forma, a correlação encontrada entre largura da asa para rainhas fecundadas e a concentração de espermatozoides, apesar do valor baixo, corrobora com esses dados.

A correlação negativa observada para rainhas virgens entre as características comprimento de tórax e número de ovariolo para ovário direito não foi reportada anteriormente na literatura (JACKSON et al., 2011; TARPY et al., 2013). Em rainhas fecundadas, foi encontrada correlação negativa entre largura da asa e peso para ovário direito e esquerdo, esse dado também não foi encontrado descrito previamente na literatura, contudo uma correlação alta e positiva entre as cerdas das asas e o número de ovariolos foi descrito por Woyke (1987).

O número de ovariolos indica a capacidade de postura da rainha, ou seja, sua fecundidade, dessa forma pesquisas visando estimar parâmetros externos que apresentassem correlação foram realizadas, onde foi observado correlação negativa para peso úmido (JACKSON et al., 2011), correlação positiva com peso, idade da larva e cerdas das asas (HATJINA et al., 2014), ausência de correlação (GREGORC et al., 2015) e correlação positiva com comprimento de asa (FACCHINI et al., 2021), sendo esse último resultado também encontrado para rainhas fecundadas na presente pesquisa.

As rainhas virgens apresentaram menor quantidade de correlação entre as características em relação às fecundadas, contudo houveram características que apresentaram correlação para ambas, porém com intensidade de correlação diferentes, foram elas peso e comprimento total (0,44 e 0,73), peso e largura do abdômen (0,50 e 0,53), comprimento total e largura do abdômen (0,60 e 0,38), comprimento total e peso da espermateca (0,37 e 0,36), largura do abdômen e peso

do ovário esquerdo (0,34 e 0,42), peso da espermateca e peso dos ovários direito (0,45 e 0,38) e esquerdo (0,39 e 0,40), respectivamente (Figura 17).

A correlação entre peso de ovário e largura do abdômen, e comprimento total e peso da espermateca para virgens e fecundadas podem ser elencados como parâmetros de seleção, haja vista a importância de ambas as características reprodutivas para indicar qualidade da rainha (GILLEY et al., 2003; DELANEY et al., 2011; TARPY et al., 2011; FACCHINI et al., 2021). A seleção a partir do peso como indicativo de qualidade é geralmente tido como intuitivo pelos produtores de rainhas (PORPORATO et al., 2015), contudo para os dados aqui apresentados o peso foi revelador apenas para rainhas fecundadas. Dessa forma, a utilização de características morfométricas de fácil mensuração que se correlacionam com características reprodutivas, tanto para rainhas virgens e fecundadas, podem minimizar as diferenças morfológicas e fisiológicas desencadeadas pelo evento de cópula (TANAKA; HARTFELDER, 2004; DELANEY et al., 2011), no processo de seleção.

Estabelecer um programa de melhoramento a partir de seleção indireta utilizando características fenotípicas morfométricas é um desafio. Isto se deve à quantidade limitada de informação disponível, já que a influência ambiental, a ação genética aditiva atuante nas características de produção e reprodutivas, e principalmente a baixa correlação apresentada para a maioria das características de interesse, dificultando o ganho genético ao longo das gerações (NIETO et al., 2013; BOURDON, 2014; ELER, 2017). Além dos desafios citados anteriormente, a biologia das abelhas *A. mellifera* torna esse processo ainda mais trabalhoso, dado o caráter haplodiplóide e comportamento poliândrico da rainha.

Contudo, ao longo dos anos pesquisas desenvolvidas pelo meio acadêmico e em programas de melhoramento genético com subespécies europeias do gênero *Apis*, e pesquisas nacionais com africanizadas, vem mostrando a direção para o estabelecimento de programas de melhoramento a nível nacional para *A. mellifera* africanizada. Adicionalmente, os dados aqui apresentados mostraram que as rainhas provenientes dos dois criatórios comerciais exibiram características indicadoras de qualidade, podendo estas ser comparadas com subespécies europeias sob programas de melhoramento.

Ademais, foi possível observar diferenças entre as variáveis analisadas, essas diferenças podem ser explicadas por diversos fatores, como técnica utilizada para produção da rainha, época em que foram produzidas ou variação genética local, já que os criatórios são de estados diferentes. A variação de características dentro de uma mesma população que não passou pelo processo de melhoramento é um fator importante, já que sem variação não há o que selecionar. Além disso, a correlação apresentada entre as características morfométricas e reprodutivas são direcionadoras para futuros estudos de melhoramento genético para abelhas africanizadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A africanização das abelhas do gênero *Apis*, de origem europeia introduzidas anteriormente, ocorreu na década de 50 a partir da introdução da espécie africana *Apis mellifera scutellata*, dando origem a uma variação de abelha com alta resistência a infecção por doenças, elevado comportamento higiênico e alta produtividade. Contudo, até os dias atuais pouco ainda foi explorado da real capacidade produtiva da abelha africanizada e muito disso se deve ao baixo investimento no setor apícola nacional. Ainda a passos lentos, a apicultura nacional vem se desenvolvendo e mais recentemente compreendendo a importância da produção de rainhas para a troca regular, visando aumento na produtividade a partir da influência que uma rainha jovem exerce sobre a colônia.

A produção de rainhas ainda é realizada em pequena escala, contudo a partir da avaliação desse material disponível no mercado, produzida por dois criatórios comerciais distintos, foi possível observar que elas possuem características indicadoras de qualidade semelhante a subespécies europeias que possuem programa de melhoramento já estabelecido. Dessa forma, os valores das características morfométricas e reprodutivas próximas, ou até superior a outras subespécies em programas de melhoramento, indicam a qualidade das abelhas africanizadas.

Assim, foram selecionadas possíveis características indicadoras de qualidade (largura do abdômen, que apresentou correlação positiva com peso do ovário e comprimento total, que apresentou correlação com peso da espermateca) que poderão ser utilizadas como parâmetro de seleção em futuros programas de melhoramento genético, visando aumento na produção da apicultura nacional.

Contudo, a partir dos resultados obtidos na presente pesquisa é importante avaliar a qualidade de rainhas produzidas por outros criatórios nacionais, bem como aumentar a quantidade de remessas por produtor, visando obter um panorama mais abrangente da qualidade das abelhas rainhas comercializadas no país. Outro ponto importante a ser avaliado, é o impacto do deslocamento sofrido por essas rainhas durante o transporte entre o criatório e o apicultor.

REFERÊNCIAS

- ABEMEL, A. BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE MEL. Dados Estatísticos do Mercado de Mel no de 2021. p. 7, 2021. Disponível em: <https://www.brazilletsbee.com.br/Dados_Estatisticos_do_Mercado_de_Mel_Jan_a_Jul_2020_01set2020.pdf>.
- AMIRI, E.; STRAND, M. K.; RUEPPELL, O.; TARPY, D. R. Queen quality and the impact of honey bee diseases on queen health: Potential for interactions between two major threats to colony health. **Insects**, v. 8, n. 2, p. 22–26, 2017.
- ANTON, KATE; GROZINGER, C. An introduction to queen honey bee development. 2022. Disponível em: <<https://extension.psu.edu/an-introduction-to-queen-honey-bee-development>>.
- ARSLAN, S.; CENGIZ, M. M.; GÜL, A.; SAYED, S. Evaluation of the standards compliance of the queen bees reared in the Mediterranean region in Turkey. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 5, p. 2686–2691, 2021.
- BAER, B.; COLLINS, J.; MAALAPS, K.; DEN BOER, S. P. A. Sperm use economy of honeybee (*Apis mellifera*) queens. **Ecology and Evolution**, v. 6, n. 9, p. 2877–2885, 2016.
- BIXBY, C.; GUARNA, M. M.; HOOVER, S. E. Canadian Honey Bee Queen Breeders' Reference Guide. **Canadian Association of Professional Apiculturists Publication**, v. 55, p. pp, 2019.
- BOURDON, R. M. **Understanding Animal Breeding**. 2014.
- BÜCHLER, R.; ANDONOV, S.; BIENEFELD, K.; et al. Standard methods for rearing and selection of *Apis mellifera* queens. **Journal of Apicultural Research**, v. 52, n. 1, 2013.
- COLLINS, A. M.; DONOGHUE, A. M. Viability assessment of haney bee, *Apis mellifera*, sperm using dual fluorescent staining. **Theriogenology**, n. 99, 1999.
- COLLINS, A. M.; PETTIS, J. S. Correlation of queen size and spermathecal contents and effects of miticide exposure during development. **Apidologie**, v. 44, n. 3, p. 351–356, 2013.
- CRUZ-LANDIM, C. **Abelhas: morfologia e função de sistemas**. São Paulo: UNESP, 2009.
- DE JONG, D. Africanized honey bees in Brazil, forty years of adaptation and success. **Bee World**, v. 77, n. 2, p. 67–70, 1996.
- DELANEY, D. A.; KELLER, J. J.; CAREN, J. R.; TARPY, D. R. The physical, insemination, and reproductive quality of honey bee queens (*Apis mellifera* L.). **Apidologie**, v. 42, n. 1, p. 1–13, 2011.
- DOOLITTLE, G.M. Scientific queen-rearing as practically applied. Chicago: Ills, p. 163, 1889.

ELER, J. P. **Teorias e métodos em melhoramento genético animal: Seleção**. Pirassununga - SP, 2017.

FACCHINI, E.; DE IORIO, M. G.; TURRI, F.; et al. Investigating genetic and phenotypic variability of queen bees: Morphological and reproductive traits. **Animals**, v. 11, n. 11, p. 1–13, 2021.

FAHRBACH, S. E.; GIRAY, T.; ROBINSON, G. E. Volume Changes in the Mushroom Bodies of Adult Honey Bee Queens. **Neurobiology of Learning and Memory**, 1995.

FAOSTAT. 2019. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 11/2/2023.

GAUTHIER, L.; RAVALLEC, M.; TOURNAIRE, M.; et al. Viruses Associated with Ovarian Degeneration in *Apis mellifera* L. Queens. **PLoS ONE**, v. 6, n. 1, p. e16217, 2011.

GILLEY, D. C.; TARPY, D. R.; LAND, B. B. Effect of queen quality on interactions between workers and dueling queens in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 55, n. 2, p. 190–196, 2003.

GONÇALVES, L. S. APACAME - Mensagem Doce 87 – Artigo, 2006. Disponível em: <<https://www.apacame.org.br/mensagemdoce/87/artigo.htm>>. Acesso em: 11/2/2023.

GREGORC, A.; SMODIŠ ŠKERL, M. I. Characteristics of honey bee (*Apis mellifera carnica*, Pollman 1879) queens reared in Slovenian commercial breeding stations. **Journal of Apicultural Science**, v. 59, n. 2, p. 5–12, 2015.

HATCH, S.; TARPY, D. R.; FLETCHER, D. J. C. Worker regulation of emergency queen rearing in honey bee colonies and the resultant variation in queen quality. **Insectes Sociaux**, v. 46, n. 4, p. 372–377, 1999.

HATJINA, F.; BIENKOWSKA, M.; CHARISTOS, L.; et al. A review of methods used in some European countries for assessing the quality of honey bee queens through their physical characters and the performance of their colonies. **Journal of Apicultural Research**, v. 53, n. 3, p. 337–363, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção de Mel de abelha no Brasil. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/mel-de-abelha/br>>. Acesso em: 11/2/2023.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Tabela 6622_ Número de estabelecimentos agropecuários com apicultura, Quantidade de mel e cera de abelha vendidos e Total de caixas de abelha - resultados preliminares, 2017.

JACKSON, J. T.; TARPY, D. R.; FAHRBACH, S. E. Histological estimates of ovariole number in honey bee queens, *Apis mellifera*, reveal lack of correlation with other queen quality measures. **Journal of Insect Science**, v. 11, 2011.

KAFTANOGLU, O.; PENG, Y. S. Preservation of honeybee spermatozoa in Liquid

- Nitrogen. **Journal of Apicultural Research**, v. 23, n. 3, p. 157–163, 1984.
- KENT, R. B. The Introduction and Diffusion of the African Honeybee in South America. **The Horse in West African History**, v. 50, p. 21–43, 1988.
- KOCHER, S. D.; RICHARD, F. J.; TARPY, D. R.; GROZINGER, C. M. Genomic analysis of post-mating changes in the honey bee queen (*Apis mellifera*). **BMC Genomics**, v. 9, p. 1–15, 2008.
- LANDAU, E. C. Variação Geográfica da Apicultura. **Dinâmica da Produção Agropecuária e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas**. p.1703–1760, 2019.
- LOCKE, S. J.; PENG, Y. S. The effects of drone age, semen storage and contamination on semen quality in the honey bee (*Apis mellifera*). **Physiological Entomology**, v. 18, n. 2, p. 144–148, 1993.
- LOCKE, S. J.; PENG, Y. S.; CROSS, N. L. A supravital staining technique for honey bee spermatozoa. **Physiological Entomology**, v. 15, n. 2, p. 187–192, 1990.
- MAHBOBI, A., FARSHINEH-ADL, M., WOYKE, J., ABBASI, S., Effects of the age of grafted larvae and the effects of supplemental feeding on some morphological characteristics of Iranian queen honey bees (*Apis mellifera meda* Skorikov, 1929). **J. Apicul. Sci.** V.56, n. 1, p. 93–98, 2012.
- MAIA, F. M. C.; DOMANSKI, F. R. et al., Genetic aspects of emergence weight, ovary weight and number of ovarioles in honey bee queens. 2019.
- MAIA, FABIANA M COSTA; LINO, D. A. Melhoramento genético em abelhas *Apis mellifera* africanizadas: algumas questões decisivas. **Sistemas de Produção Agropecuário**. p.434–449, 2009.
- MATTIELLO, S.; RIZZI, R.; CATTANEO, M.; MARTINO, P. A.; MORTARINO, M. Effect of queen cell size on morphometric characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera ligustica*). **Italian Journal of Animal Science**, v. 21, n. 1, p. 532–538, 2022.
- MCAFEE, A.; MILONE, J.; CHAPMAN, A.; et al. Candidate stress biomarkers for queen failure diagnostics. **BMC Genomics**, v. 21, n. 1, p. 1–12, 2020.
- MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized Linear Models**, 2ed. Chapman e Hall, London, 1989.
- MORAIS, L. S.; ARAUJO NETO, E. R.; SILVA, A. M.; et al. Sperm characteristics of Africanized honey bee (*Apis mellifera* L.) drones during dry and wet seasons in the Caatinga biome. **Journal of Apicultural Research**, v. 0, n. 0, p. 1–8, 2022.
- NIETO, L. M.; MELLO DE ALENCAR, M.; DO, A.; ROSA, N. Critérios de seleção. **Melhoramento Genético Aplicado em Gado de Corte**. p.109–122, 2013.
- OZBAKIR G. O. Effects of rearing method on some morphological and reproductive organ characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera* L.). **Med Weter.** V. 77, p. 89–94, 2021.

PAYNTER, E.; MILLAR, A. H.; WELCH, M.; et al. Insights into the molecular basis of long-term storage and survival of sperm in the honeybee (*Apis mellifera*). **Scientific Reports**, v. 7, p. 1–9, 2017.

PETTIS, J. S.; RICE, N.; JOSELOW, K.; VAN ENGELSDORP, D.; CHAIMANEE, V. Colony failure linked to low sperm viability in honey bee (*Apis mellifera*) queens and an exploration of potential causative factors. **PLoS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1–10, 2016.

PLATE, M.; BERNSTEIN, R.; HOPPE, A.; BIENEFELD, K. The importance of controlled mating in honeybee breeding. **Genetics Selection Evolution**, v. 51, n. 1, p. 1–14, 2019.

PORPORATO M.; LAURINO D. **Api Regime: anomalie e problematiche**. L'Apis 4ed. P. 23-25, 2013.

PORPORATO, M.; GRILLONE, G.; PATETTA, A.; MANINO, A.; LAURINO, D. Survey of the health status of some honey bee queens in Italy. **Journal of Apicultural Science**, v. 59, n. 2, p. 27–36, 2015.

QUEIROZ, V. DE S. **Estudo do efeito das condições de manipulação do sêmen de Jaguatiricas (*Leopardus pardalis*, Linnaeus, 1758) sobre a capacitação e a integridade morfológica e funcional dos espermatozóides**, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-09062004-140805/en.php>>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2021. URL <https://www.R-project.org/>.

RANGEL, J.; KELLER, J. J.; TARPY, D. R. The effects of honey bee (*Apis mellifera* L.) queen reproductive potential on colony growth. **Insectes Sociaux**, v. 60, n. 1, p. 65–73, 2013.

RAULINO-DOMANSKI, F.; POTRICH, M.; FREITAS, P. F.; et al. Optimized Histological Preparation of Ovary for Ovariole Counting in Africanized Honey Bee Queens (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 2, p. 1–4, 2019.

RHODES., J. W. Semen production in drone honeybees. **Rural Industries Research and Development Corporation**, v. 130, n. 08, p. 80, 2008.

ROUSSEAU, A.; FOURNIER, V.; GIOVENAZZO, P. *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) drone sperm quality in relation to age, genetic line, and time of breeding. **Canadian Entomologist**, v. 147, n. 6, p. 702–711, 2015.

ROUSSEAU, A.; HOULE, É.; GIOVENAZZO, P. Effect of shipping boxes, attendant bees, and temperature on honey bee queen sperm quality (*Apis mellifera*). **Apidologie**, p. 2010–2018, 2020.

SCHAFASCHEK, T. P. Seleção e produção de rainhas de abelhas *Apis mellifera*. **Epagri. Boletim Técnico**, 2020.

SCHLÜNS, H.; MORITZ, R. F. A.; NEUMANN, P.; KRYGER, P.; KOENIGER, G. Multiple nuptial flights, sperm transfer and the evolution of extreme polyandry in honeybee queens. **Animal Behaviour**, v. 70, n. 1, p. 125–131, 2005.

SEELEY, T. D. **The Wisdom of the Hive**. 1995.

SILVEIRA, R. K.; JESUS, W. R.; VIANA, C. S.; SILVA, M. R. Melhores rainhas de *Apis mellifera* são obtidas usando menores níveis de diluição de geléia real e com menor idade: uma revisão. v. 12, n. 1d, p. 116–131, 2019.

SOUSA, I. S. F. Classificação e Padronização de Produtos, com Ênfase na Agropecuária: Uma Análise Histórico-Conceitual. **Embrapa Informação Tecnológica**, p. 120, 2001.

SOUZA, D. C. **Apicultura - Manual de agente de desenvolvimento rural**. 2006.

TANAKA, E. D.; HARTFELDER, K. The initial stages of oogenesis and their relation to differential fertility in the honey bee (*Apis mellifera*) castes. **Arthropod Structure and Development**, v. 33, n. 4, p. 431–442, 2004.

TARPY D.R. Genetic diversity within honeybee colonies prevents severe infections and promotes colony growth. **Proc. R. Soc. Lond.**, v. 270, p. 99-103, 2003.

TARPY, D. R.; HATCH, S.; FLETCHER, D. J. C. The influence of queen age and quality during queen replacement in honeybee colonies. **Animal Behaviour**, v. 59, n. 1, p. 97–101, 2000.

TARPY, D. R.; KELLER, J. J.; CAREN, J. R.; DELANEY, D. A. Assessing the mating “health” of commercial honey bee queens. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 1, p. 20–25, 2012.

TARPY, D. R.; KELLER, J. J.; CAREN, J. R.; DELANEY, D. A. Experimentally induced variation in the physical reproductive potential and mating success in honey bee queens. **Insectes Sociaux**, v. 58, n. 4, p. 569–574, 2011.

TARPY, D. R.; LENGERICH, E. J.; PETTIS, J. S. Idiopathic brood disease syndrome and queen events as precursors of colony mortality in migratory beekeeping operations in the eastern United States. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 108, n. 2–3, p. 225–233, 2013.

TARPY, D. R.; NIELSEN, D. I. Sampling error, effective paternity, and estimating the genetic structure of honey bee colonies (Hymenoptera: Apidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 95, n. 4, p. 513–528, 2002.

TARPY, D. R.; OLIVAREZ, R. Measuring sperm viability over time in honey bee queens to determine patterns in stored-sperm and queen longevity. **Journal of Apicultural Research**, v. 53, n. 4, p. 493–495, 2014.

TRAJANO, ANDRÉ L. MACHADO. **Avaliação do desenvolvimento de colônias de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) e do ganho de peso como critério de seleção para produção de mel no semiárido**. Universidade Federal Rural do

Semi-Árido, 2020. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125798>%0A<https://doi.org/10.1016/j.smr.2020.02.002>%0A<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/810049>%0A<http://doi.wiley.com/10.1002/anie.197505391>%0A<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500205>%0Ahttp:>.

VENCOVSKY, R; KERR, W. E. Melhoramento Genético em abelhas. II. Teoria e avaliação de alguns métodos de seleção. **Revista Brasileira de Genética**, v. 3, p. 493–502, 1982.

VIDAL, M. D. F. Mel natural: cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETENE**, v. 157, p. 1–10, 2021.

VIDAL, M. D. F. Produção de mel na área de atuação do BNB. **Caderno Setorial ETEBE**, v. 62, p. 1–12, 2019.

WANG, Y.; KAFTANOGLU, O.; FONDRK, M. K.; PAGE, R. E. Nurse bee behaviour manipulates worker honeybee (*Apis mellifera* L.) reproductive development. **Animal Behaviour**, v. 92, p. 253–261, 2014.

WANG, Y.; LI-BYARLAY, H. **Physiological and Molecular Mechanisms of Nutrition in Honey Bees**. 1º ed. Elsevier Ltd., 2015.

WEGENER, J.; MAY, T.; KNOLLMANN, U.; et al. In vivo validation of in vitro quality tests for cryopreserved honey bee semen. **Cryobiology**, v. 65, n. 2, p. 126–131, 2012.

WINSTON, M. L. **A Biologia das Abelhas**. 2003.

WITHROW, J. M.; PETTIS, J. S.; TARPY, D. R. Effects of Temperature during Package Transportation on Queen Establishment and Survival in Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, p. 1043–1049, 2019.

WOYKE J. Can the number of ovarioles in the ovaries been estimated by external characters of living queens. **The 31st International Apicultural Congress, 19-25 August 1987, Warsaw, Poland.**, n. August 1987, p. 152–155, 1987.

WRIGHT, C. M.; LICHTENSTEIN, J. L. L.; TIBBETTS, E. A.; PRUITT, J. N. Individual variation in queen morphology and behavior predicts colony performance in the wild. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, v. 73, n. 9, 2019.

YÁNIZ, J. L.; SILVESTRE, M. A.; SANTOLARIA, P. Sperm quality assessment in honey bee drones. **Biology**, v. 9, n. 7, p. 1–16, 2020.

YÁNIZ, J.; PALACÍN, I.; SANTOLARIA, P. Effect of chamber characteristics, incubation, and diluent on motility of honey bee (*Apis mellifera*) drone sperm. **Apidologie**, v. 50, n. 4, p. 472–481, 2019.

ANEXO

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus de Dois Vizinhos

Projeto: Qualidade de rainhas *Apis mellifera* africanizadas (Hymenoptera: Apidae):
Delineamento do perfil comercial.

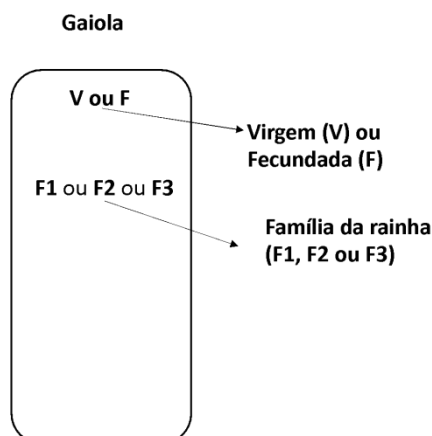
Produtor e colaborador:

Trajetó:

Informações gerais

1) Identificação da Gaiola

Cada gaiola deve conter duas marcações, sendo uma para identificar se a rainha é virgem (V) ou fecundada (F); e a outra é sobre a família que a rainha pertence (F1, F2 ou F3).

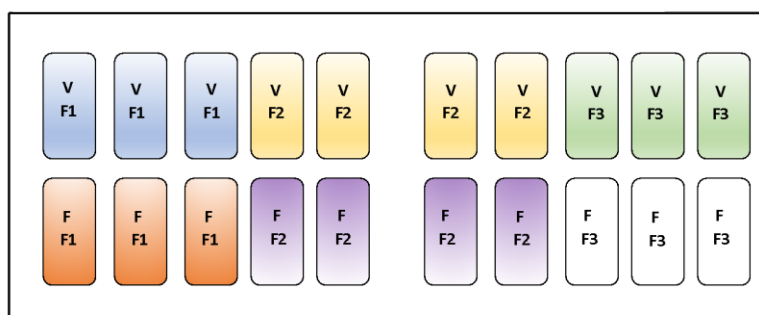


2) Identificação das Caixas/Gaiolas

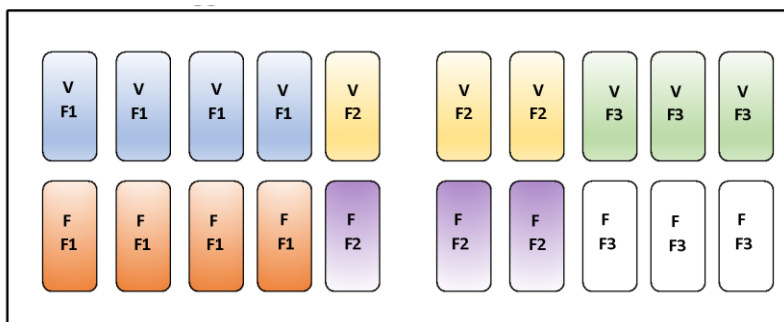
As 100 rainhas (50 virgens e 50 fecundadas), originárias de 3 famílias diferentes devem ser distribuídas em 5 caixas diferentes conforme abaixo representado.

Procure manter seu padrão de postagem, pois o objetivo é trabalhar dentro da realidade. As figuras abaixo são apenas para indicar que **cada caixa postada deve conter 10 rainhas virgens e 10 fecundadas, com representatividade "igual" das 3 famílias a serem avaliadas.**

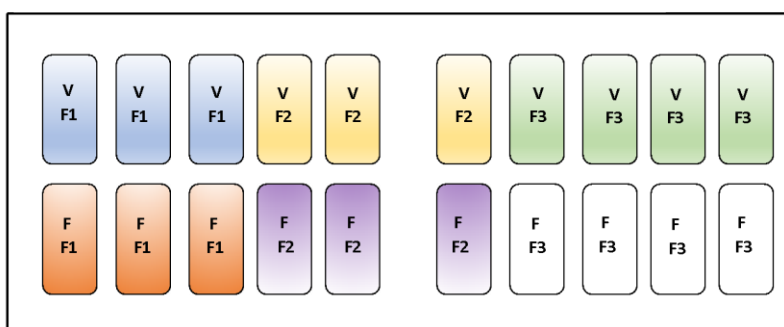
Caixa 1/ (10 rainhas virgens e 10 rainhas fecundadas)



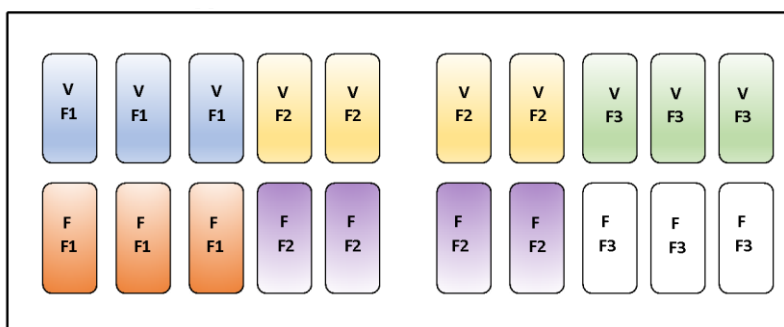
V= virgem; F= fecundada; F1= família 1; F2= família 2; F3= família 3.

Caixa 2/ (10 rainhas virgens e 10 rainhas fecundadas)

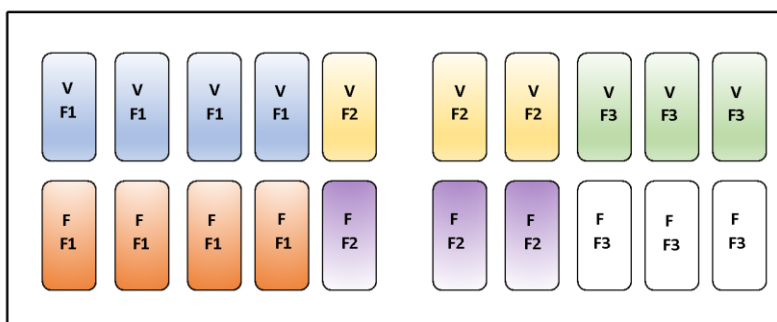
V= virgem; F= fecundada; F1= família 1; F2= família 2; F3= família 3.

Caixa 3/ (10 rainhas virgens e 10 rainhas fecundadas)

V= virgem; F= fecundada; F1= família 1; F2= família 2; F3= família 3.

Caixa 4/ (10 rainhas virgens e 10 rainhas fecundadas)

V= virgem; F= fecundada; F1= família 1; F2= família 2; F3= família 3.

Caixa 5/ (10 rainhas virgens e 10 rainhas fecundadas)

V= virgem; F= fecundada; F1= família 1; F2= família 2; F3= família 3.

6) Dados para nota fiscal:

Fabiana Martins Costa Maia/ CPF 02987644906
Endereço: UTFPR - Estrada para Boa Esperança, km 4
Comunidade São Cristóvão
Dois Vizinhos – PR
CEP. 85660-000

Observação para constar na nota fiscal: Projeto PPGZO-UTFPR-DV, 2020-2021.

7) Dados para entrega, GTA e nota fiscal:

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)/ CNPJ 75101873000785
A/C Fabiana Martins Costa Maia/ CPF 02987644906
Estrada para Boa Esperança, Km 4
Comunidade São Cristóvão
Dois Vizinhos – PR
CEP. 85660-000

8) Contato: Estaremos conectados e atentos 24 horas por esses dois contatos (46) 999721811 (Fabiana) e (46) 991343812 (Fábio).

Agradecemos sua participação e apoio a essa pesquisa.
Atenciosamente,



Grupo de Pesquisa em Melhoramento Genético de Abelhas

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Fones: (46) 35368900/ (46) 999721811

E-mail: fabianamcosta@utfpr.edu.br

www.utfpr.edu.br