

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE SUPLEMENTOS PARA ABELHAS *Apis
mellifera* AFRICANIZADA**

Autora: Bethania Sávia Oliveira
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patrícia Faquinello
Coorientadora : Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide
Coorientador: Dr. Fernando Henrique Antonioli Farache

Rio Verde – GO
março – 2023

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE SUPLEMENTOS PARA ABELHAS *Apis
mellifera* AFRICANIZADA**

Autora: Bethania Sávvia Oliveira
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Patrícia Faquinello
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide
Coorientador: Dr. Fernando Henrique Antonioli Farache

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde - Área de Concentração Zootecnia.

Rio Verde – GO
março – 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

OOL48a Oliveira, Bethania Sávia
AVALIAÇÃO DE SUPLEMENTOS PARA ABELHAS Apis mellifera AFRICANIZADA / Bethania Sávia Oliveira; orientadora Patrícia Faquinello; co-orientador Ana Paula Cardoso Gomide . -- Rio Verde, 2023.
29 p.

Dissertação (Mestrado em PPGZ - Mestrado em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. nutrientes. 2. baru. 3. moringa. 4. mortalidade, . 5. taxa de sobrevivência. I. Faquinello, Patrícia, orient. II. Cardoso Gomide , Ana Paula, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:
Bethania Sávia Oliveira

Matrícula:
2020202310240038

Título do trabalho:
AVALIAÇÃO DE SUPLEMENTOS PARA ABELHAS Apis mellifera AFRICANIZADA

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 20 /05 /2024

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

16 /05 /2024

Local

Data

Bethania Sávia Oliveira

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Patrícia Jaqueline

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DE SUPLEMENTOS PARA ABELHAS *Apis mellifera*
AFRICANIZADA**

Autora: Bethania Sávia Oliveira
Orientadora: Patrícia Faquinello

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 08 de março de 2023.

Dra. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dra. Flávia Oliveira Abrão Pessoa
Avaliadora interna
IF Goiano/CE

Dr. Paulo Vitor Divino Xavier de
Freitas
Avaliador externo
UEG/Campos Belos

Dra. Patrícia Faquinello
Presidente da banca
IF Goiano/CE

Documento assinado eletronicamente por:

- Ana Paula Cardoso Gomide, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/03/2023 20:49:38.
- Flavia Oliveira Abrao Pessoa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/03/2023 20:24:12.
- Paulo Vitor Divino Xavier de Freitas, Paulo Vitor Divino Xavier de Freitas - Outros - Instituto Federal Goiano - Campus Ceres (10651417000410), em 08/03/2023 20:11:28.
- Patricia Faquinello, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 08/03/2023 18:39:30.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 28/02/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 470824
Código de Autenticação: ce413b06af



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde e Universidade Federal de Jataí, que forneceram estrutura física e pessoal para que este trabalho fosse realizado.

A professora Dr.^a Patricia Faquinello, pela orientação e ensinamentos durante o tempo que trabalhamos juntas.

A professora Dr.^a Erin Caperuto de Almeida, pela orientação e ensinamentos no estágio em Docência da disciplina de apicultura realizado na Universidade Federal de Jataí.

A coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - PPGZ professora Dr.^a Ana Paula Cardoso Gomide, pelos momentos de ensinamentos e colaborações.

Ao professor Dr. Pablo Gontijo, responsável pelo laboratório de Entomologia Agrícola, pela disponibilização do seu espaço e equipamentos e pelo imprescindível apoio na condução do experimento.

A todos os colegas e professores do curso de pós-graduação em mestrado em Zootecnia pelo convívio e aprendizado.

A minha família, minha mãe Luísa Alves Oliveira, meu pai Sebastião Egídio de Oliveira, minha irmã Alessandra Alves, meu irmão Egídio Vinicius, e, meu namorado, Sebastião Guimarães a qual me acompanha e me apoia.

Aos meus amigos, em especial a Samylla Ferreira de Freitas, Aline Arantes de Oliveira, Leandro Pavani de Oliveira, Rita Souza e Ana Maria Silva, por toda ajuda e incentivo que me deram durante todo esse tempo, o meu muito obrigada.

Ao Hugo Anibal de Abreu, proprietário do apiário comercial de Rio Verde, pela recepção, pela atenção e pela contribuição valiosa para este estudo ao fornecer as abelhas *Apis mellíferas* africanizada.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste mestrado.

BIOGRAFIA DA AUTORA

BETHANIA SÁVIA OLIVEIRA, filha de Sebastião Egídio de Oliveira e Luísa Alves de Oliveira, nasceu em Rio Verde, no Estado de Goiás no dia 11 de novembro.

Em dezembro de 1998 conclui o curso de Ciências e Habilitação em Matemática pela Universidade de Rio Verde –Estado de Goiás.

Desde 2000, é professora na Educação Básica na Secretaria de Educação de Goiás. Em abril de 2010 obteve o título de Especialização em Docência Universitária pela Universidade Estadual de Goiás.

Em outubro de 2020, ingressou no Programa de Pós -Graduação em Zootecnia em nível de Mestrado na linha de pesquisa: Manejo, nutrição e alimentação animal pelo Instituto Federal Goiano campus Rio Verde – Goiás. E, no mês de fevereiro de 2023 submeteu-se a banca para defesa da dissertação de mestrado.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REVISÃO DA LITERATURA	3
Nutrição das abelhas <i>Apis Mellifera</i> Africanizada	3
Proteínas para abelhas.....	3
Carboidratos para abelhas.....	4
Lipídeos para abelhas.....	5
Água, vitaminas e minerais.....	5
Impactos das mudanças ambientais na alimentação de abelhas	6
Suplementos alimentares para abelhas	7
Suplementação energética para abelhas.....	8
Suplementação proteica para abelhas	8
Desenvolvimento de novas formulações de suplementos.....	9
REFERÊNCIAS.....	11
OBJETIVOS GERAIS.....	15
Alimentação de <i>Apis mellifera</i> com <i>Moringa oleifera</i> Lam. e <i>Dipteryx alata</i> Vog.	16
INTRODUÇÃO	17
MATERIAL E MÉTODOS	18
Local, animais e delineamento.....	18
Ingredientes e dietas utilizados	18
Xarope (controle).....	19
Ração contendo pólen desidratado	19
Ração contendo moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	19
Ração contendo baru (<i>Dipteryx alata</i> Vog.).....	19
Fornecimento da ração.....	21
Taxa de mortalidade e longevidade	21
Análise estatística	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
CONCLUSÃO	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Variações no peso e conteúdo proteico em diferentes estágios de desenvolvimento das abelhas.....	04
Tabela 2. Estimativas dos requerimentos diários de proteína com base na proteína ideal para <i>Apis mellifera</i> L. africanizada.....	20
Tabela 3. Aminoácidos essenciais e as exigências na proteína bruta para o desenvolvimento adequado de operárias de <i>Apis mellifera</i>	22
Tabela 4. Probabilidade de sobrevivência até 17 dias após a emergência de abelhas <i>Apis mellifera</i> alimentadas com diferentes dietas.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de sobrevivência de Kaplan-Meier para abelhas *Apis mellifera* alimentadas com diferentes dietas. Letras diferentes indicam diferença significativa de acordo com o teste post-hoc de Log-rank ($X^2= 17,9$; GL = 3; $p= 0,00047$). TL50: tempo letal, tempo médio em que se observa 50% de probabilidade de sobrevivência. As barras de erro horizontais indicam intervalo de confiança 95% (n = 5).....23

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

G	Gramma
Kg	Quilograma
mL	Mililitro
%	Porcentagem
Kcal	Quilocalorias
Cm	Centímetro
°C	Grau Celsius

RESUMO

OLIVEIRA, B., S. AVALIAÇÃO DE SUPLEMENTOS PARA ABELHAS *Apis mellifera* AFRICANIZADA.2023 Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – *campus* Rio Verde - Área de Concentração Zootecnia.

As abelhas necessitam de nutrientes essenciais para seu desenvolvimento, manutenção das crias e crescimento da colônia, normalmente supridos pela coleta de néctar, pólen e água. Um dos maiores desafios da apicultura é aumentar a produtividade e evitar a perda de colônias em períodos de escassez de floradas, fazendo-se necessário optar pela alimentação artificial e fonte alternativas de alimento. Diante disso, objetivou-se com esta pesquisa avaliar a influência diferentes alimentos alternativos sobre sobrevivência e longevidade das abelhas operárias (*Apis mellifera* L. africanizada) em ambiente controlado. Os alimentos avaliados foram produzidos à base de pólen, folhas secas e moídas de moringa (*Moringa oleifera*) e castanha de baru (*Dipteryx alata* Vog.) e xarope. Foram coletadas abelhas recém-emergidas de favos de crias e colocadas em grupos de 30 abelhas em gaiolas, em ambiente controlado, em que foram servidos os alimentos e registrado o levantamento da quantidade de abelhas mortas diariamente. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Avaliou-se a curva de sobrevivência e a taxa de mortalidade acumulada ao longo de 17 dias, quando se observou a morte de todas as abelhas no tratamento controle. Os resultados mostraram que a dieta à base de castanha de baru reduziu significativamente a longevidade das abelhas, causando maior taxa de mortalidade em comparação com as demais dietas. Por outro lado, a dieta à base de pólen ou moringa proporcionou a maior longevidade das abelhas em comparação com o xarope. Devido à facilidade de cultivo e manuseio, além de ser mais acessível do que o pólen, a moringa mostrou-se um alimento promissor para a manutenção de abelhas, principalmente em períodos de escassez de floradas.

Palavras-chave: alimentos, baru, nutrientes, moringa, mortalidade, taxa de sobrevivência.

ABSTRACT

OLIVEIRA, B., S. EVALUATION OF SUPPLEMENTS FOR AFRICANIZED BEES *Apis mellifera*. 2023 Dissertation presented, as part of the requirements for obtaining the title of MASTER IN ANIMAL SCIENCE, in the Graduate Program in Animal Science at the Federal Institute of Education, Science and Technology Goiano – Rio Verde campus – Animal Science Concentration Area.

Bees need essential nutrients for their development, brood maintenance, and colony growth, normally supplied by collecting nectar, pollen and water. One of the biggest challenges in beekeeping is to increase productivity and avoid the loss of colonies during periods when there are few flowers, making it necessary to opt for artificial feeding and alternative food sources. The aim of this research was to evaluate the influence of different alternative foods on survival and longevity of worker bees (*Apis mellifera* L. africanizada) in a controlled environment. The foods evaluated were made from pollen, dried and ground moringa leaves (*Moringa oleifera*) and baru nuts (*Dipteryx alata* Vog.) and syrup. Newly emerged bees were collected from brood combs and placed in groups of 30 bees in cages in a controlled environment, where the food was served, and the number of dead bees were recorded daily. The experiment was conducted in a completely randomized design, with four treatments and five replicates. The survival curve and accumulated mortality rate were evaluated over 17 days, when all the bees in the control treatment died. The results showed that the baru nut-based diet significantly reduced the longevity of the bees, causing a higher mortality rate compared to the other diets. On the other hand, the diet based on pollen or moringa provided the greatest longevity for the bees compared to the syrup. Due to its ease of cultivation and handling, as well as being more accessible than pollen, moringa has shown itself to be a promising food for keeping bees, especially during periods when flowering is scarce.

Keywords: food, baru, nutrients, moringa, mortality, survival rate.

INTRODUÇÃO GERAL

As abelhas são agentes polinizadores cruciais para a biodiversidade e para a agricultura global, desempenhando papel vital na manutenção dos ecossistemas e na produção de alimentos, incluindo frutas, grãos e muitos outros cultivos que formam a base da dieta humana. A polinização por abelhas é responsável por cerca de um terço do suprimento de alimentos do mundo, destacando a importância ecológica e econômica inestimável (Heard *et al.*, 2017).

Apesar da importância, nos últimos anos, observou-se um declínio alarmante nas populações de abelhas, fenômeno atribuído a múltiplos fatores, incluindo doenças, pesticidas, perda de habitat e desafios nutricionais (Freitas *et al.*, 2017). Esse declínio tem implicações significativas para a segurança alimentar e a biodiversidade, uma vez que as abelhas são essenciais para a reprodução de muitas plantas (Kessler *et al.*, 2015).

Durante a polinização as abelhas coletam os recursos necessários para sua alimentação. O néctar rico em carboidratos é sua principal fonte energia, o pólen atua como fonte de proteínas, fornecendo também lipídeos, minerais e vitaminas (Roulston *et al.*, 2000).

A disponibilidade e diversidade de recursos garante uma nutrição adequada, que por sua vez, desempenha papel fundamental na saúde das colônias de abelhas, influenciando diretamente sua resistência a doenças e a capacidade de manter populações saudáveis (Da Rosa *et al.*, 2019).

A disponibilidade de alimentos é essencial para o desenvolvimento larval, longevidade das abelhas adultas e capacidade da colônia de suportar estresses ambientais, no entanto, a degradação do habitat e as práticas agrícolas intensivas têm reduzido significativamente a disponibilidade e a diversidade de recursos florais, comprometendo a dieta natural das abelhas e, por consequência, a saúde e produtividade (Freitas *et al.*, 2017; Degrandi-Hoffman *et al.*, 2018).

As paisagens agrícolas cada vez mais carecem de diversidade de flores e plantas. A monocultura agrícola pode levar a deficiências nutricionais específicas nas dietas das abelhas, além do que as mudanças climáticas têm afetado a floração das plantas, tornando ainda mais difícil para as abelhas encontrarem alimentos adequados. Vale lembrar também que o uso generalizado de pesticidas e herbicidas pode contaminar o néctar e o pólen, afetando negativamente a saúde das abelhas (Azpiazu *et al.*, 2023).

Diante desse cenário, emergem desafios críticos na nutrição de abelhas, incluindo a escassez de recursos alimentares naturais e o impacto de dietas inadequadas. Em criações comerciais, em épocas com baixa disponibilidade de recursos a suplementação das colônias se faz necessária para que a colônia não pereça. Existem vários estudos testando diferentes suplementos para abelhas, sejam eles ricos com carboidratos ou proteínas (Paray *et al.*, 2021).

Diante de tais fatos fica clara a necessidade de estratégias de suplementação nutricional eficaz, tanto para a saúde das abelhas em ambientes empobrecidos quanto para otimizar a produção de colmeias comerciais. Portanto, a revisão a seguir abordará aspectos relevantes sobre a alimentação de abelhas e sua importância para produção eficiente.

REVISÃO DA LITERATURA

Nutrição das abelhas *Apis Mellifera* Africanizada

As abelhas precisam de uma variedade de alimentos essenciais, como todos os outros animais, para que possam alcançar todo o seu potencial produtivo e reprodutivo, sempre lutando para garantir a sobrevivência e manutenção do enxame (Ahmed *et al.*, 2020).

As abelhas dependem de recursos naturais para sobreviver, pois sua dieta consiste em pólen, néctar e água (Wright *et al.*, 2018). Assim, para garantir a manutenção, reprodução e saúde da colônia os apicultores devem fornecer alimentação artificial durante os períodos de escassez (Hindriksma e Shafir, 2016).

Para que uma colônia sobreviva, ela precisa de energia encontrada, principalmente nos carboidratos no néctar ou mel, aminoácidos, lipídeos, vitaminas, minerais encontrados principalmente no pólen e não menos importante, de água potável (Hung, 2010).

Proteínas para abelhas

Um dos alimentos essenciais para as abelhas é o pólen, uma fonte natural de proteínas que permite que ela equilibre sua dieta. O pólen é produzido pelas anteras das plantas e usado para fecundar o gameta feminino, permitindo a reprodução e a sobrevivência de diversas espécies vegetais (Casaca, 2010).

Quando coletado por abelhas é utilizado como principal fonte de proteínas para abelhas e larvas em desenvolvimento (Paray *et al.*, 2021). A ingestão de proteínas pelas abelhas está ligada ao crescimento corporal, quando o pólen está em níveis inferiores aos necessários, o crescimento do tórax, das glândulas hipofaríngeas e dos ovários são retardados (Hoover *et al.*, 2006).

A falta de pólen pode prejudicar a saúde das abelhas. Existem relatos que a desnutrição leva a desordens comportamentais, e as operárias adultas praticam canibalismo com as larvas mais jovens para alimentar as mais velhas, tornando a colônia mais frágil e vulnerável a agentes patogênicos (Schmickl e Crailsheim, 2001).

Existem diversos tipos de pólen, e sua composição nutricional pode variar de acordo com a fonte botânica de que provém. O pólen contém altas quantidades de açúcares, variando entre 20% e 40%, proteínas variando entre 10% e 36%, ácidos gordos

entre 1% e 5%), diversos minerais, entre eles o potássio e o sódio) e várias vitaminas, como provitamina A, vitamina E e vitamina C (Thankur e Nanda, 2020).

As larvas recebem geleia-real das secreções das glândulas hipofaríngeas das operárias, logo após a eclosão, enquanto as larvas mais velhas recebem pólen e mel. Devido ao fato de que o estômago e o ânus não podem se comunicar, toda a comida que as larvas comem é armazenada e utilizada nos estágios pré-pupa e pupa. As larvas jovens precisam de 25 a 37,5 mg de proteína para desenvolver (Brodschneider e Crailsheim, 2010).

Como demonstrado na Tabela 1, após o nascimento e nos seis dias seguintes, apesar de o desenvolvimento da abelha estar aparentemente concluído, ocorre aumento elevado de proteínas e hidratos de carbono, ambos necessários para a formação das glândulas hipofaríngeas, deposição de tecidos e músculos (Corby-Harris, *et al.*, 2016).

Tabela 1. Variações no peso e conteúdo proteico em diferentes estágios de desenvolvimento das abelhas.

Estágio de desenvolvimento	Peso da abelha (mg)	Conteúdo em proteína (mg)
Ovo	0,05	-
Larva	0,3-150	0,09-2,2
Pupa	117-150	1,8-2,2
Abelha emergente	80	1,9
Nutriz	72	2,6
Percoladora	66	1,4

Fonte: Adaptada de (GROOT, 1953).

Segundo Ghosh *et al.* (2016) as abelhas adultas podem sobreviver sem proteínas, lípidos, minerais e vitaminas porque estes podem ser catabolizados das reservas armazenadas durante o desenvolvimento. É evidente que tal fato trará prejuízos ao desenvolvimento da colônia

Carboidratos para abelhas

Os carboidratos, também são essenciais na dieta das abelhas porque contribuem para o desenvolvimento normal de abelhas adultas e larvas, isso é, importante para a

atividade muscular, manutenção da temperatura corporal e para a função vital de alguns órgãos e glândulas (Değirmenci *et al.*, 2018).

O néctar coletado pelas abelhas de nectários florais é a principal fonte de carboidratos para a alimentação das abelhas. Após sua coleta, o néctar passa por processos físicos e químicos sendo transformado em mel, que é usado como reserva de alimentos para consumo da colônia quando necessário (Lira, 2014). Os carboidratos que as abelhas podem consumir incluem glicose, frutose, maltose, sacarose, trealose e melizitose.

Durante o voo as abelhas sugam o néctar e iniciam a transformação em mel. Durante a estada do néctar no papo inicia-se a transformação, enzimas como invertases, diastases e glucose oxidase são adicionadas ao néctar. Essa transformação continua durante a fase de regurgitação e armazenamento nos favos para reserva (Tsuruda *et al.*, 2021). No mel a frutose e a glicose constituem a maioria dos carboidratos, com 30% e 40% respectivamente.

Lipídeos para abelhas

A única fonte de lipídeos para abelhas é o pólen, e seu teor lipídico varia de 1 a 19 %. Além de serem fagoestimulantes, essas substâncias desempenham variedade de funções biológicas, como reserva de energia, formar membranas biológicas, fatores enzimáticos, formação de hormonas e mensageiros intracelulares (Ares *et al.*, 2018).

Os lipídeos são essenciais para várias funções fisiológicas das abelhas, incluindo o desenvolvimento do ovo em rainhas, produção de cera, fonte de energia secundária, além de garantir a saúde de larvas e adultos (Vaudo *et al.*, 2015).

Água, vitaminas e minerais

As abelhas não armazenam água, então devem ter acesso a fontes de água próximo da colônia. A água é essencial para a sobrevivência das abelhas por várias razões, tais como a produção de secreções glandulares, a manutenção da homeostase do fluido corporal das abelhas adultas, a diluição do mel para alimentar as crias e a manutenção da temperatura e umidade relativa na colônia. Até vinte litros de água por semana podem ser consumidos pela colônia (Huang, 2010).

Exigidos em menores quantidades, mas não menos importantes tem vitaminas e minerais que são encontrados no pólen. As abelhas, em especial, dependem das vitaminas

do complexo B porque, estão ligadas ao desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas e ao desenvolvimento das larvas. O pólen apícola contém vitaminas A e B12, quantidades variáveis de vitaminas B1, B2, B3, B6, B7, B8 e B9 e, vitaminas C, D e E. (Thankur e Nanda, 2020).

O potássio, o fósforo, o cálcio, o magnésio e o ferro são os minerais mais comuns encontrados no pólen, que variam de 2,5% a 6,5%. As dietas para abelhas com concentrações de pólen de 0,5 a 1% aumentaram a criação (Somerville, 2005). A adição de matéria mineral em quantidades superiores a 2% à dieta das abelhas não é vantajosa (Brodschneider e Crailsheim, 2010).

Impactos das mudanças ambientais na alimentação de abelhas

As abelhas são polinizadores vitais para a biodiversidade e para a agricultura global, desempenhando papel crucial na reprodução de muitas plantas e na produção de alimentos. No entanto, nas últimas décadas, observou-se declínio alarmante em suas populações (Freitas *et al.*, 2017). A expansão urbana e o desmatamento foram algumas das principais causas para o declínio da população de abelhas. Eles reduzem drasticamente os habitats naturais, e a diversidade de plantas limitando os espaços disponíveis para forrageamento. A perda de habitat não apenas reduz a quantidade de recursos alimentares, mas afeta a qualidade da dieta das abelhas, comprometendo a saúde das colônias (Klein *et al.*, 2007).

O uso intensivo de pesticidas e a expansão de monoculturas também têm impactos significativos na diversidade e na disponibilidade de recursos alimentares para as abelhas. Pesticidas podem diminuir a capacidade das abelhas de forragear eficientemente, enquanto monoculturas oferecem uma dieta menos diversificada, podendo afetar negativamente a nutrição (Goulson *et al.*, 2015).

A qualidade e a diversidade da dieta são fundamentais para a saúde das colônias, a redução na diversidade de pólen e néctar disponíveis pode levar a deficiências nutricionais, afetando o desenvolvimento larval e a imunocompetência das abelhas adultas (Alaux *et al.*, 2010).

Potts *et al.* (2010) afirmam que alterações na dieta impactam diretamente a saúde das colônias, refletindo em maior suscetibilidade a doenças e parasitas, além da redução na capacidade das colônias de adaptarem-se a outros estressores ambientais, e em longo prazo, isso pode contribuir para o declínio das populações de abelhas.

As abelhas têm mostrado capacidade de adaptação a esses novos desafios através de mudanças no comportamento de forrageamento e na seleção de habitats. No entanto, a capacidade de adaptação é limitada e varia entre diferentes espécies e populações, dependendo de fatores genéticos e ambientais (Radchuk *et al.*, 2019).

Suplementos alimentares para abelhas

Existem várias razões pelas quais fornecer artificialmente alimento às abelhas é essencial. Os suplementos podem ser classificados em duas categorias: de manutenção ou estimulante. A suplementação de manutenção é usada como garantia de sobrevivência durante períodos de escassez, enquanto a estimulante pressupõe uma intenção orientada pelo apicultor, na maioria das vezes fortalecer o enxame para a nova safra (Somerville, 2005).

Apesar de diversos benefícios observados, a variabilidade na qualidade dos suplementos e a falta de padrões regulatórios consistentes podem limitar a eficácia desses produtos. Ademais, a dependência prolongada de suplementos pode comprometer as habilidades naturais de forrageamento das abelhas, tal dependência indica carência de recursos naturais, o que reduz a diversidade de polinizadores locais e afeta negativamente os ecossistemas.

A escolha de suplementos que sejam de qualidades promove a redução na mortalidade das abelhas e maior resistência a patógenos prevalentes, como o ácaro *Varroa* e o protozoário *Nosema*. A composição e os ingredientes dos suplementos são aspectos fundamentais que influenciam estes benefícios.

A alimentação artificial é cada vez mais utilizada, visando o desenvolvimento artificial das colônias, isso não é apenas para manter as colônias em confinamento e garantir quantidade suficiente de alimentos durante o inverno ou em períodos de escassez de alimentos naturais, mas para garantir que as colônias cresçam artificialmente. Este desenvolvimento pode ser útil em várias situações, entre elas, na multiplicação de colônias, na produção de abelhas rainhas, ou mesmo na utilização das colônias para polinização (Wilson, 2017).

A alimentação artificial pode ser fornecida às abelhas em forma líquida, pastosa ou sólida, podendo ser energética ou proteica (Villar e Grozinger, 2017).

Suplementação energética para abelhas

Em períodos de escassez de alimento as abelhas podem poupar energia. Isso diminui o comportamento higiénico e o funcionamento das colônias. Em tais circunstâncias, a utilização de alimentação energética pode aumentar ou manter a área de incubação das larvas e a população da colônia elevada, garantindo o crescimento da colônia (Somerville, 2005).

Os xaropes de açúcar são utilizados primordialmente como fonte de energia, sendo particularmente úteis durante os períodos de escassez de néctar ou em condições climáticas desfavoráveis. Existem diversas formulações de xaropes, incluindo sacarose, frutose e glucose, cada uma com implicações específicas. É fundamental que a preparação e o armazenamento desses xaropes sejam realizados corretamente para evitar problemas como fermentação e contaminação (Wilson *et al.*, 2017).

O xarope de milho rico em frutose, é um alimento artificial frequentemente usado como suplemento, tem um perfil de açúcar muito semelhante ao do mel. A hidrólise enzimática de vários tipos de amido de milho produz esta mistura de glicose e frutose. (Weiss, 2013).

O açúcar invertido é outro alimento energético que tem sido muito usado recentemente. No entanto, vários resultados mostram que o ácido adicionado quebra a sacarose em glucose e frutose, liberando hidroximetilfurfural (HMF), um composto que é extremamente perigoso para as abelhas porque causa disenteria e úlcera intestinal (Krainer *et al.*, 2015).

Suplementação proteica para abelhas

Quando o pólen disponível no campo é limitado, como antes ou durante um fluxo de néctar, ou quando se pretende manter ou aumentar a população de abelhas, o fornecimento de pólen ou substituto é especialmente necessário. Fatores como a força da colônia, o nível de produção desejado, a atratividade do suplemento e sua eficácia determinam a quantidade e o tempo em que esse suplemento deve ser aplicado. (Degrandi-Hoffman, *et al.*, 2015).

Os substitutos do pólen são desenvolvidos para simular o valor nutricional do pólen natural, essencial não só para o desenvolvimento larval, mas, também para a vitalidade das abelhas adultas. A composição de um pólen substituto típico inclui uma

mistura complexa de proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. Este suplemento é crucial especialmente em períodos de escassez de pólen natural. Sua eficácia depende em grande parte de sua aceitação pelas abelhas, que é influenciada pela proximidade de sua composição ao pólen natural (Degrandi-Hoffman, 2010).

Conforme relatado por Thompson e Wilson (2016) preparados proteicos podem ser fabricados, visando fornecer as proteínas necessárias para suportar diversas funções vitais das abelhas, desde o desenvolvimento das larvas até a manutenção das atividades das abelhas adultas. Comumente, estes preparados incluem ingredientes como soja, levedura e caseína. A escolha dos ingredientes, a digestibilidade e palatabilidade são fatores cruciais que determinam a eficácia destes suplementos.

As abelhas podem ser alimentadas artificialmente com farinha de soja e leite em pó ou uma mistura de pólen, açúcar granulado, levedura de cerveja e água. No entanto, há evidências de que alguns desses alimentos podem ser tóxicos. Estudos recentes mostram que 40% dos açúcares da soja são perigosos para as abelhas e que adicionar 10% de lactose ou galactose às abelhas aumenta a mortalidade e diminui a aceitabilidade do xarope de açúcar (Brodschneider e Crailsheim, 2010).

Desenvolvimento de novas formulações de suplementos

Pesquisas recentes têm se concentrado em desenvolver formulações que mimetizam mais de perto o perfil nutricional do pólen natural. Estas novas formulações são enriquecidas com uma gama completa de aminoácidos, perfis específicos de ácidos graxos e minerais essenciais (Jones e Oldroyd, 2019). Diferenciais importantes incluem a incorporação de prebióticos e probióticos para otimizar a saúde gastrointestinal das abelhas, podendo aumentar a absorção de nutrientes e melhorar a imunidade (Doe, 2021).

Pesquisas em campo e laboratório indicam que o estudo de novas formulações pode melhorar significativamente a saúde, a produtividade e a longevidade das abelhas. Experimentos mostraram que colônias alimentadas com suplementos bem balanceados exibiram maior resistência a doenças e aumento na produção de mel (Thompson, 2021). Embora os custos iniciais sejam mais altos, os benefícios em longo prazo, como maior produção de mel e redução das perdas de colônias, justificam o investimento (Smith, 2022).

Na vanguarda dessas inovações estão técnicas de biotecnologia, incluindo a engenharia genética, que permite o desenvolvimento de plantas com perfis de pólen

melhorados (White, 2022). A nanotecnologia também desempenha papel crucial, possibilitando a encapsulação de nutrientes em nanoescala para uma liberação mais eficaz (Lee e Kim, 2020).

Além disso, a biofermentação é utilizada para sintetizar vitaminas e antioxidantes, proporcionando uma produção econômica e sustentável destes componentes essenciais (PATEL e ARORA, 2019). Apesar dos avanços, a implementação dessas novas formulações enfrenta e enfrentará desafios como a aceitação do mercado e necessidade de educação sobre seus benefícios. Além disso, as questões éticas relacionadas à manipulação genética necessitam de discussão regulatória e transparência (Johnson, 2021).

REFERÊNCIAS

AHMED, Z.H., TAWFIK, A.I., ABDEL-RAHMAN, M.F., MOUSTAFA, A.M. Nutritional Value and Physiological Effects of Some Proteinaceous Diets on Honey Bee Workers (*Apis mellifera*). **Bee World**, v.97, n.1, p.26-31, 2020;

ALAUX, C., DUCLOZ, F., CRAUSER, D., LE CONTE, Y. Diet effects on honeybee immunocompetence. **Biology letters**, v. 6, n. 4, p. 562-565, 2010;

ARES, A. M., VALVERDE, S., BERNAL, J. L., NOZAL, M. J., BERNAL, J. Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. **Journal of pharmaceutical and biomedical analysis**, v. 147, p. 110-124, 2018;

AZPIAZU, C., MEDINA, P., SGOLASTRA, F., MORENO-DELAFUENTE, A., VIÑUELA, E. Pesticide residues in nectar and pollen of melon crops: Risk to pollinators and effects of a specific pesticide mixture on *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) micro-colonies. **Environmental Pollution**, v. 326, p. 121451, 2023;

BRODSCHNEIDER, R., CRAILSHEIM, K. Nutrition and health in honey bees. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 278-294, 2010;

CASACA, J. D. Manual de produção de pólen e própolis. **Federação Nacional dos Apicultores de Portugal**, Lisboa, 2010;

COLIN, T., MEIKLE, W. G., PATEN, A. M., BARRON, A. B. Long-term dynamics of honey bee colonies following exposure to chemical stress. **Science of the Total Environment**, v. 677, p. 660-670, 2019;

CORBY-HARRIS, V., MEADOR, C. A., SNYDER, L. A., SCHWAN, M. R., MAES, P., JONES, B. M., WALTON, A., ANDERSON, K. E. Transcriptional, translational, and physiological signatures of undernourished honey bees (*Apis mellifera*) suggest a role for hormonal factors in hypopharyngeal gland degradation. **Journal of Insect Physiology**, [s.l.], v. 85, p.65-75, 2016;

COURNOYER, A., PLAMONDON, L., BAU-GAUDREAU, L., DESCHAMPS, A., DUBREUIL, P., & BENOIT-BIANCAMANO, M. O. Effects of *Varroa destructor* on hemolymph sugars and secondary infections in honeybees (*Apis mellifera*). **Applied Sciences**, v. 12, n. 22, p. 11630, 2022;

DA ROSA, J. M., ARIOLI, C. J., NUNES-SILVA, P., GARCIA, F. R. M. Desaparecimento de abelhas polinizadoras nos sistemas naturais e agrícolas: Existe uma explicação?. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 18, n. 1, p. 154-162, 2019;

DEĞIRMENCI, L., THAMM, M., SCHEINER, R. Responses to sugar and sugar receptor gene expression in different social roles of the honeybee (*Apis mellifera*). **Journal of insect physiology**, v. 106, p. 65-70, 2018;

DEGRANDI-HOFFMAN, G. Nutrition, immunity and viral infections in honey bees. **Current opinion in insect science**, v. 10, p. 170-176, 2015;

DEGRANDI-HOFFMAN, G. The benefits of pollen substitutes in beekeeping: An overview. **Journal of Economic Entomology**, 103(5), 1562-1568, 2010;

DEGRANDI-HOFFMAN, G., GAGE, S. L., CORBY-HARRIS, V., CARROLL, M., CHAMBERS, M., GRAHAM, H., ZIOLKOWSKI, N. Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. **Journal of insect physiology**, v. 109, p. 114-124, 2018;

DOE, J. Probiotics and Prebiotics in Bee Nutrition: Towards Enhanced Colony Immunity. **Insect Science**, 2021;

FREITAS, P. V. D. X.; RIBEIRO, F. M.; ALMEIDA, E. M.; ZANATA, R. A.; ALVES, J. J. L.; OLIVEIRA, V. F.; FAQUINELLO, P. Declínio populacional das abelhas polinizadoras: Revisão. *Pubvet*, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2017. doi: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n1.1-10>

GHOSH, S., JUNG, C., MEYER-ROCHOW, V. B. Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. **Journal of Asia-pacific Entomology**, v. 19, n. 2, p.487-495, 2016;

GOULSON, D., NICHOLLS, E., BOTÍAS, C., ROTHERAY, E. L. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. **Science**, v. 347, n. 6229, p. 1255-1257, 2015;

GROOT, A. P. Protein and amino acid requirements of the honeybee (*Apis mellifica* L.). **Laboratory of Comparative Physiology**, Utrecht, p.1-89, 1953;

HEARD, M. S., BAAS, J., DORNE, J. L., LAHIVE, E., ROBINSON, A. G., RORTAIS, A., HESKETH, H. Comparative toxicity of pesticides and environmental contaminants in bees: Are honey bees a useful proxy for wild bee species?. **Science of the Total Environment**, v. 578, p. 357-365, 2017;

HENDRIKSMA, H.P., SHAFIR, S. Honey bee foragers balance colony nutritional deficiencies. **Behavioral ecology and sociobiology**, v.17, p.70-509, 2016;

HOOVER, S. E., HIGO H. A., WINSTON, M. L. Worker honey bee ovary development :seasonal variation and the influence of larval and adult nutrition, **Journal Comparative Physiology**, v. 176, p. 55-63, 2006;

HUANG, Z. Honey bee nutrition. **American Bee Journal**, v. 150, n. 8, p. 773-776, 2010;

JOHNSON, G. Ethical Considerations in Genetic Manipulation for Bee Nutrition. **Ethics in Biology Engineering**, 2021;

JONES, M., OLDROYD, B. The Role of Nutritional Complexity and Bioactive Compounds in Bee Colony Health. **Entomological Review**, 2019;

KESSLER, S. C., TIEDEKEN, E. J., SIMCOCK, K. L., DERVEAU, S., MITCHELL, J., SOFTLEY, S., WRIGHT, G. A. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. **Nature**, v. 521, n. 7550, p. 74-76, 2015;

KHAN, S. U., ANJUM, S. I., RAHMAN, K., ANSARI, M. J., KHAN, W. U., KAMAL, S., KHAN, H. U. Honey: Single food stuff comprises many drugs. **Saudi journal of biological sciences**, v. 25, n. 2, p. 320-325, 2018;

KLEIN, A. M., VAISSIÈRE, B. E., CANE, J. H., STEFFAN-DEWENTER, I., CUNNINGHAM, S. A., KREMEN, C., TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007;

KRAINER, S.; BRODSCHNEIDER, R.; VOLLMANN, J.; CRAILSHEIM, K.; RIESSBERGER-GALLÉ, U. Effect of hydroxymethylfurfural (HMF) on mortality of artificially reared honey bee larvae (*Apis mellifera carnica*). **Ecotoxicology**, v. 25, n. 2, p.320-328, 2015;

LEE, C., KIM, S. Nanotechnology in Agriculture: Controlled Release of Agrochemicals. **Nanotech Today**, 2020;

LIRA, T. S. Suplemento proteico artesanal para abelhas africanizadas. **Gastronomía ecuatoriana y turismo local.**, 1(69), 5–24, 2014;

PATEL, R., ARORA, B. Advances in Biofermentation for Vitamins and Antioxidants Production. **BioTech Journal**, 2019;

POTTS, S. G., BIESMEIJER, J. C., KREMEN, C., NEUMANN, P., SCHWEIGER, O., KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in ecology & evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010;

RADCHUK, V., REED, T., TEPLITSKY, C., VAN DE POL, M., CHARMANTIER, A., HASSALL, C., KRAMER-SCHADT, S. Adaptive responses of

animals to climate change are most likely insufficient. **Nature communications**, v. 10, n. 1, p. 3109, 2019;

ROULSTON, T. H., CANE J. H. Pollen nutritional content and digestibility for animals. **Plant Systematics and Evolution**, v. 222, p. 187-209, 2000;

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interaction, or phylogeny?. *Ecological Monographs*, v. 70, p. 617–643, 2000. doi:[https://doi.org/10.1890/0012-9615\(2000\)070\[0617:WGPCOP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(2000)070[0617:WGPCOP]2.0.CO;2)

SCHMICKL, T., CRAILSHEIM, K. Cannibalism and early capping: strategy of honeybee colonies in times of experimental pollen shortages *J. Comp. Physiol. A*. 187, 541–547, 2001;

SMITH, L. Economic Analysis of Novel Bee Nutritional Supplements. **Agricultural Economics Review**, 2022;

SOMERVILLE, D. Fat bees skinny bees: a manual on honey bee nutrition for beekeepers. Australian: **Rural Industries Research and Development Corporation**, 150 p., 2005;

THAKUR, M., NANDA, V. Composition and functionality of bee pollen: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 98, p. 82-106, 2020;

THOMPSON, H. Effects of Pollen-Based Dietary Supplements on Bee Colony Success. **Apiculture Research**, 2021

THOMPSON, H. J., WILSON, C. R. Protein sources for bees: A review. **Apidologie**, 47(3), 342-356, 2016;

OBJETIVOS GERAIS

Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a taxa de sobrevivência e longevidade de abelhas *Apis mellifera* africanizadas alimentadas com diferentes alimentos alternativos.

Alimentação de *Apis mellifera* com *Moringa oleifera* Lam. e *Dipteryx alata* Vog.

Resumo: Alimentar as abelhas em períodos de escassez faz-se necessário à medida que existem épocas do ano em que os recursos florais são limitados. Há efeito positivo da alimentação de abelhas, no entanto pode onerar os custos de produção. A utilização de alimentos alternativos de baixo custo deve ser considerada. Diante disso, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito do fornecimento de rações com alimentos alternativos (*Moringa oleifera* e *Dipteryx alata*) a abelhas *Apis mellifera* africanizadas. Abelhas *Apis mellifera* africanizadas confinadas foram alimentadas com diferentes rações contendo ou pólen apícola, ou folhas desidratadas de *Moringa oleifera* ou castanha de baru (*Dipteryx alata*). As abelhas receberam ração, água e xarope (1:1 água: açúcar) diariamente, o tratamento controle recebeu apenas água e xarope. Avaliou-se o efeito das diferentes rações sobre taxa de mortalidade e longevidade das abelhas. Abelhas que receberam apenas xarope tiveram alta taxa de mortalidade com 100% das abelhas mortas até o 12º dia de vida. Abelhas alimentadas com pólen ou com *M. oleifera* tiveram melhor taxa de sobrevivência. Abelhas alimentadas com *D. alata* também tiveram alta mortalidade. As rações contendo pólen têm se mostrado eficazes, promovendo melhor sobrevivência das abelhas. No entanto, substituir o pólen por folhas de *Moringa oleifera* pode proporcionar resultados comparáveis e com menor custo. Não é recomendável utilizar rações que contenham castanha de *D. alata* para abelhas.

Palavras-chave: ração proteica, sobrevivência de abelhas, suplementação, mortalidade de abelhas.

INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma rico em espécies vegetais que podem fornecer as abelhas néctar e pólen. O néctar é a principal fonte de energia para as abelhas, enquanto o pólen é a principal fonte de proteínas, minerais e vitaminas (Roulston *et al.*, 2000; Freitas *et al.*, 2023). Embora existam espécies florescendo ao longo do ano, existe uma sazonalidade, em que a maior parte das espécies floresce durante o período seco que ocorre entre o outono e inverno (Siqueira *et al.*, 2021). A sazonalidade limita a disponibilidade de recursos florais em quantidade e qualidade ao longo do ano.

A falta de néctar e pólen pode influenciar de forma direta o desenvolvimento e manutenção de colônias de abelhas (Freitas *et al.*, 2023). Em períodos com pouca disponibilidade de recursos florais a desnutrição assola a colônia, que além de ser um fator estressante pode enfraquecer ou causar a morte do enxame (Chakrabarti *et al.*, 2019). Fica evidente a necessidade de alimentação de abelhas em períodos com baixa oferta natural de alimento. A suplementação com açúcar e água como fonte de carboidrato é bastante empregada, sendo em alguns casos necessário o fornecimento de suplementos proteicos (Stefas *et al.*, 2022).

Em alguns casos o próprio pólen pode ser utilizado na elaboração de rações proteicas, no entanto a composição do pólen é variável e pode não proporcionar a resposta esperada (Thakur & Vikas, 2020). Vale reforçar também que a utilização de pólen é onerosa e traz riscos das abelhas, uma vez que este pode conter patógeno e transferir doenças entre colônias e apiários (Graystock *et al.*, 2013).

Estudos avaliando diferentes alimentos alternativos como levedura de cerveja, leite em pó desnatado, farelo de arroz, gema de ovo, leite em pó desnatado e farinha de peixe foram testados, alguns com efeitos positivos nas condições avaliadas (Paray *et al.*, 2021). Ambos os ingredientes mencionados são de fácil acesso, podendo ser encontrados com facilidade, entretanto alguns podem apresentar alto custo a depender da região.

A utilização de alternativas ao pólen que sejam de baixo custo deve ser considerada. Reduzir os custos de produção é essencial para o sucesso da atividade apícola, seja ela com mão de obra, aquisição de material ou alimentação das abelhas (Mancuso *et al.*, 2020). Diante de tais fatos, objetivou-se com o presente estudo avaliar o efeito do fornecimento de rações com alimentos alternativos (*Moringa oleifera* e *Dipteryx alata*) a abelhas *Apis mellifera* africanizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, animais e delineamento

O estudo foi realizado no Laboratório de Entomologia do Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, sediado na cidade de Rio Verde - Goiás, 17°47'53" latitude sul (S) e 51°55'53" longitude oeste (O), entre o período de outubro a novembro de 2021.

Foram coletados no mês de outubro de 2021 quatro favos novos de cria fechados com abelhas próximas a emergir, ou seja, pupas com olhos escuros e com cutícula. Os favos foram removidos de colônias fortes e saudáveis do apiário comercial no Km 10 na BR 060 em Rio Verde, Goiás. Os favos foram inseridos em envelopes de papel Manilha com perfurações de 0,06 mm e encaminhados para o laboratório de estudo (Adaptado de Freitas et al., 2021).

No laboratório, os favos foram transferidos para estufa B.O.D com temperatura de 32°C e umidade relativa de ar de 70%. Para o controle da umidade foram adicionadas bandejas com água destilada e sal de cozinha na estufa B.O.D. Após a emergência as abelhas foram transferidas manualmente para as gaiolas de dimensões 16 cm × 15 cm × 15 cm, semelhantes às usadas por Turcatto *et al.* (2013) com tampa de plástico e orifícios feitos de tule de ventilação e alimentador na lateral da gaiola.

Foram utilizadas cinco gaiolas por tratamento, compostas inicialmente por 30 abelhas operárias recém-emergidas totalizando 600 abelhas no delineamento experimental. Para homogeneizar a idade das abelhas, as gaiolas com os diferentes tratamentos foram montadas no mesmo dia. As 20 gaiolas de estudo e mantidas até a morte na estufa B.O.D. nas mesmas condições de temperatura e umidade usadas para a emergência.

Ingredientes e dietas utilizados

Os ingredientes utilizados para a formulações das dietas foram adquiridos no comércio local. Para a escolha dos ingredientes considerou-se os fatos de serem utilizados como alimentos para as abelhas (de forma empírica ou científica), serem de fácil fornecimento, consumo e armazenamento, e apresentarem elevado valor proteico.

Dessa forma, os ingredientes selecionados como fonte de proteína foram castanha de *Dipteryx alata* Vog. (baru), folhas secas de *Moringa oleifera* Lam. (moringa), pólen

apícola desidratado da marca Prodapys. Utilizou-se ainda xarope (1:1 água e açúcar), e mel multifloral. A composição dos ingredientes é demonstrada na tabela 1.

Xarope (controle)

A água mineral e o açúcar cristal foram pesados em balança analítica de precisão na mesma proporção (50% água com 50% de sacarose). Posteriormente, foram homogeneizados com bastão de vidro em Becker, aquecidos em chapa de aquecimento até dissolver todo o açúcar.

Ração contendo pólen desidratado

O pólen desidratado da marca Prodapys multifloral foi moído em cadinho, peneirado até adquirir consistência de pó. A cada 100 g, o suplemento era composto por 70 g de pólen, 25 g de mel multifloral e 5 g de água. A mistura garantiu consistência firme e pastosa. A ração foi armazenada em plásticos de polietileno em freezer a -20°C.

Ração contendo moringa (*Moringa oleifera*)

As folhas de moringa foram coletadas e secas em temperatura ambiente por três dias, posteriormente sendo moídas em cadinho e peneiradas até adquirir consistência de pó. A cada 100 g, o suplemento era composto por 70 g de folhas secas e moídas de moringa, 25 g de mel multifloral e 5 g de água. A mistura garantiu consistência firme e pastosa. A ração foi armazenada em plásticos de polietileno em freezer a -20°C.

Ração contendo baru (*Dipteryx alata* Vog.)

O suplemento proteico de baru foi preparado através de mistura com consistência firme e pastosa. A cada 100 g, o suplemento era composto por: 70 g da castanha de baru (*Dipteryx alata* Vog.) descascadas, moídas e peneiradas até adquirir consistência de pó; 25g de mel multifloral e 5g de água. A mistura garantiu consistência firme e pastosa. A ração foi armazenada em plásticos de polietileno em freezer a -20°C.

Tabela 2. Composição química do açúcar, mel, pólen, folhas secas de *Moringa oleifera* e castanha de *Dipteryx alata*.

Composição química	Unidade	Quantidade em 100 g				
		Açúcar	Mel	Pólen	<i>Moringa oleifera</i> (folhas secas)	<i>Dipteryx alata</i> Vog. (castanha)
Calorias	kcal	387,00	304,00	405,00	-	472,18
Água	g	0,03	17,10	16,80	-	6,70
Carboidratos	g	99,90	82,40	35,00	-	35,88
Fibra total	g	-	0,20	1,10	19,20	13,40
Lipídeos totais	g	0,00	0,00	6,20	-	38,20
Proteínas	g	0,00	0,30	26,20	21,70	23,90
Minerais						
Minerais	g	0,00	0,60	2,60	-	-
Cálcio	mg	1,00	6,00	260,00	2,00	140,00
Cobre	mg	-	-	-	0,57	1,45
Ferro	mg	-	-	-	28,20	4,24
Fósforo	mg	-	4,00	430,00	204,00	358,00
Magnésio	mg	-	-	-	368,00	178,00
Manganês	mg	-	-	-	-	4,90
Potássio	mg	-	-	-	1,32	827,00
Sódio	mg	0,00	4,00	200,00	-	3,30
Zinco	mg	-	-	-	3,29	4,10
Aminoácidos						
Arginina	mg	0,00	0,00	0,00	1,32	-
Biotina	mg	0,00	0,00	0,70	-	-
Fenilalanina	mg	-	-	-	1,39	-
Histidina	mg	-	-	-	613,00	-
Isoleucina	mg	-	-	-	825,00	-
Leucina	mg	-	-	-	1,95	-
Lisina	mg	-	-	-	1,32	-
Metionina	mg	-	-	-	350,00	-
Treonina	mg	-	-	-	1,19	-
Triptofano	mg	-	-	-	42,00	-
Valina	mg	-	-	-	1,06	-
Vitaminas						
Vitamina A	mg	0,00	0,00	590,00	18,90	-
Tiamina (B1)	mg	0,00	0,01	800,00	-	-
Riboflavina (B2)	mg	0,02	0,04	1920,00	-	-
Niacina (B3)	mg	0,00	0,12	20,00	-	-
Piridoxina (B6)	mg	0,00	0,02	380,00	-	-
Ácido fólico (B9)	mg	0,00	0,00	1850,00	-	-
Cianocobalamina (B12)	mg	-	-	500,00	-	-
Vitamina C	mg	-	-	-	17,30	-
Vitamina E	mg	0,00	0,00	20,00	-	-
Ácidos graxos						
Ácido pantotênico (B5)	mg	0,00	0,07	2600,00	-	-
Araquídico C20:0	g	0,00	0,00	0,00	-	0,01
Behênico C22:0	g	0,00	0,00	0,00	-	0,03
Estearico C18:0	g	-	-	-	-	0,05
Gadoleico C20:1	g	-	-	-	-	0,03
Lignocérico C24:0	g	-	-	-	-	0,02
Linoleico C18:2	g	0,00	0,00	5,40	-	0,28
Linolênico C18:3	g	0,00	0,00	49,50	-	-
Oleico C18:1	g	0,00	0,00	2,90	-	0,51
Palmítico C16:0	g	0,00	0,00	28,70	-	0,08

Fonte: (Adaptado de: Sereia *et al.*, 2009; Takemoto *et al.*, 2001; Gopalan, 1994).

Fornecimento da ração

As dietas eram fornecidas as abelhas diariamente, sendo as sobras do dia anterior descartadas. Eram fornecidos diariamente 1 mL de água, 1 mL de xarope e 500 mg de ração. O consumo de ração foi calculado pela diferença do peso inicial da ração fornecida e a do dia. Todo o processo foi repetido durante os 17 primeiros dias de vida das abelhas.

Taxa de mortalidade e longevidade

A taxa de mortalidade acumulada por tratamento, expressa em porcentagem, foi calculada desde a emersão até o 17º dia das abelhas quando houve mortalidade de todas as abelhas. Dividiu-se o número total de abelhas mortas até o dia de avaliação pelo número inicial de abelhas (30). As avaliações foram realizadas até o 17º dia quando todas as abelhas estavam mortas. Já a longevidade foi calculada a partir do somatório médio dos dias adicionais das abelhas após a morte do tratamento controle.

Análise estatística

A taxa de mortalidade acumulada em cada dia de avaliação e o incremento na longevidade foi comparada entre os tratamentos utilizando o teste de Kruskal-Wallis, seguindo do teste de Dunn com ajuste de Bonferroni para comparação dos ranks, utilizando um nível de significância de 5% de probabilidade.

Com as medianas foi construída uma curva de sobrevivência de Kaplan-Meier para as abelhas alimentadas com as diferentes dietas, e o teste de Log-rank foi realizado para verificar diferença entre as curvas. Quando significativo, o teste post-hoc foi realizado para comparar a probabilidade de sobrevivência entre as curvas.

A taxa média de sobrevivência e a probabilidade média de sobrevivência foi calculada com base nas curvas de sobrevivência. As análises foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O presente estudo verificou outras possibilidades com a utilização de ingredientes de baixo custo e fácil obtenção como a castanha de *D. alata* e folhas de *M. oleifera*. Um grupo de abelhas não recebeu ração, apenas xarope (fonte energética), mas este teve alta taxa de mortalidade, com 100% das abelhas mortas no 12º dia (Tabela 2).

As abelhas que se alimentaram da ração contendo *D. alata* tiveram maior taxa de mortalidade com 90% das abelhas mortas no 8º dia. A menor taxa de mortalidade acumulada ocorreu para abelhas alimentadas com ração contendo pólen.

Tabela 3. Mortalidade (%) acumulada de abelhas africanizadas submetidas ao teste de longevidade, alimentadas com diferentes rações, da emersão até 17 dias.

Dia	<i>Dipteryx alata</i>	<i>Moringa oleifera</i>	Pólen	Apenas xarope	X ²	GL	p
1	6,67 (3,33) a	6,67 (0) a	6,67 (0) a	6,67 (3,33) a	0,7421	3	0,8630
2	16,67 (6,67) a	16,67 (6,67) a	16,67 (3,34) a	16,67 (3,34) a	0,7637	3	0,8580
3	26,67 (6,66) a	20 (10) a	16,67 (0) a	20 (6,66) a	7,1552	3	0,0671
4	40 (3,33) a	26,67 (23,34) ab	23,33 (6,66) b	30 (13,33) ab	8,9789	3	0,0296
5	50 (6,66) a	33,33 (23,34) ab	23,33 (6,66) b	40 (16,67) ab	10,4208	3	0,0153
6	63,33 (10) a	40 (26,67) ab	30 (3,33) b	46,67 (13,33) ab	10,6810	3	0,0136
7	76,67 (3,34) a	50 (30) b	33,33 (3,34) b	50 (10) b	12,1179	3	0,0070
8	90 (3,33) a	60 (26,67) b	46,67 (10) b	60 (10) b	13,0068	3	0,0046
9	90 (3,33) a	70 (16,66) b	53,33 (10) b	66,67 (3,33) b	13,4153	3	0,0038
10	90 (3,33) a	80 (20) bc	56,67 (13,33) c	80 (6,66) b	13,6227	3	0,0035
11	90 (3,33) a	90 (26,67) ab	66,67 (13,34) b	90 (3,33) a	8,9685	3	0,0297
12	90 (3,33) b	90 (23,33) b	80 (16,67) b	100 (0) a	12,9065	3	0,0048
13	90 (3,33) b	93,33 (13,34) b	86,67 (16,67) b	100 (0) a	9,8473	3	0,0199
14	90 (3,33) b	96,67 (3,34) ab	93,33 (6,67) ab	100 (0) a	8,8205	3	0,0318
15	90 (3,33) b	96,67 (0) ab	96,67 (3,33) ab	100 (0) a	7,9443	3	0,0472
16	90 (3,33) b	96,67 (0) ab	100 (3,33) ab	100 (0) a	8,6916	3	0,0337
17	90 (3,33) b	96,67 (0) ab	100 (0) a	100 (0) a	11,6823	3	0,0086

Valores são medianas (intervalo interquartil) (n = 5). X², GL, p: valor de Qui-quadrado, graus de liberdade e valor de p do teste de Kruskal-Wallis (p < 0,05). Letras diferentes na linha indicam diferença significativa de acordo com o teste de Dunn (ajuste de Bonferroni, p < 0,05).

A curva de sobrevivência de Kaplan-Meier das abelhas africanizadas alimentadas com diferentes rações pode ser observada a seguir (Figura 1). Houve diferença nos tempos médios de sobrevivência entre as abelhas alimentadas com as diferentes rações proteicas, ou seja, o tempo letal em que se observa 50% de mortalidade das abelhas (teste de Log-rank: X²= 17,9; GL = 3; p= 0,0005).

As abelhas alimentadas com *M. oleifera* apresentaram estimativa média de sobrevivência maior (14 dias) em comparação com as abelhas alimentadas com *D. alata* (5 dias, p = 0,0200) ou xarope (6,5 dias, p = 0,0008). As abelhas alimentadas com pólen,

apresentaram tempo médio de sobrevivência de 8 dias, e foi significativamente igual ao tempo médio de sobrevivência das abelhas alimentadas com *M. oleifera* ($p = 0,4576$) (Figura). Tais resultados revelam a possibilidade da utilização da *M. oleifera* na alimentação de colônias de *A. mellifera*.

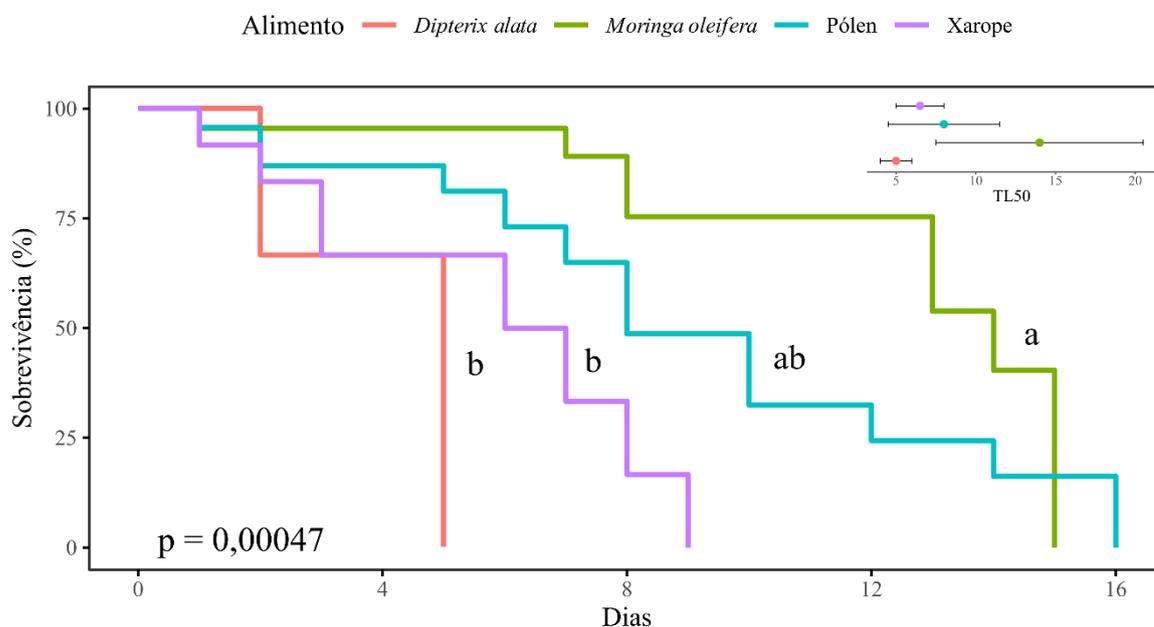


Figura 1. Curva de sobrevivência de Kaplan-Meier para abelhas *Apis mellifera* alimentadas com diferentes rações. Letras diferentes indicam diferença pelo teste de post-hoc de Log-rank ($X^2 = 17,9$; GL = 3; $p = 0,00047$). TL50: tempo letal, tempo médio em que se observa 50% de probabilidade de sobrevivência. As barras de erro horizontais indicam intervalo de confiança 95% ($n = 5$).

Com base na curva de sobrevivência, no 5º dia metade das abelhas alimentadas com *D. alata* já haviam morrido, o que correspondeu a probabilidade de sobrevivência de 40% (intervalo de confiança 95% - IC_{95%}: 27%, 58%). Para as abelhas alimentadas com *M. oleifera* a probabilidade de sobrevivência no 5º dia era 71% (IC_{95%}: 61%, 83%), com pólen a probabilidade de sobrevivência era 78% (IC_{95%}: 69%, 88%) e para as abelhas alimentadas com xarope era 64% (IC_{95%}: 52%, 77%). A **Tabela** apresenta as probabilidades de sobrevivência calculadas com base na curva de sobrevivência.

Pode-se observar que as abelhas alimentadas com *D. alata* apresentaram redução de 4 dias na longevidade, em comparação as abelhas alimentadas com xarope. Por outro lado, as abelhas alimentadas com *M. oleifera* e pólen viveram respectivamente 3 e 4 dias a mais (Tabela 5).

Tabela 4. Probabilidade de sobrevivência até 17 dias após a emersão de abelhas *Apis mellifera* alimentadas com diferentes rações.

Dia	<i>Dipteryx alata</i>	<i>Moringa oleifera</i>	Pólen	Xarope
1	88 (78; 98)	93 (87; 99)	93 (88; 99)	92 (85; 99)
2	75 (63; 90)	88 (80; 95)	87 (79; 95)	83 (74; 93)
3	63 (49; 79)	83 (75; 92)	84 (76; 93)	76 (66; 88)
4	50 (37; 68)	79 (70; 89)	80 (71; 89)	71 (60; 84)
5	40 (27; 58)	71 (61; 83)	78 (69; 88)	64 (52; 77)
6	27 (16; 45)	65 (55; 78)	71 (61; 82)	54 (43; 69)
7	13 (5,9; 30)	59 (48; 72)	63 (52; 75)	45 (34; 60)
8	0 (5,9; 30)	51 (40; 65)	55 (44; 68)	36 (25; 51)
9		43 (33; 57)	47 (36; 61)	26 (17; 41)
10		35 (25; 49)	39 (29; 53)	17 (9,3; 31)
11		29 (20; 42)	31 (22; 45)	7,5 (2,9; 19)
12		25 (17; 39)	24 (15; 36)	0 (2,9; 19)
13		17 (9,4; 30)	16 (8,9; 28)	
14		9,7 (4,1; 23)	11 (5,5; 22)	
15		0 (4,1; 23)	5,5 (1,9; 16)	
16			1,8 (0,3; 12)	
17			0 (0,3; 12)	
Incremento na longevidade	-4	3	4	0

Valores são a probabilidade média de sobrevivência e intervalo de confiança 95% (inferior, superior) (n = 5).

Para manutenção de abelhas, principalmente em períodos de escassez de flores é necessária a suplementação. O xarope consagrou-se como alimento energético que substitui o néctar e atende bem as necessidades de energia. Quanto a substitutos ao pólen que fornecem proteínas, minerais, vitaminas, carotenoides e flavonoides (Damasia-Gomes *et al.*, 2015) existem possibilidades, mas estas ainda são dificultadas pelos custos. Abelhas que não recebem uma dieta equilibrada em proteínas tem expectativa de vida reduzida. (Bouchebti *et al.*, 2022). A desnutrição de abelhas causadas pelas ações antrópicas tem contribuído com a mortalidade e desaparecimento das abelhas (Freitas *et al.*, 2017).

A deficiência de proteínas na dieta de abelhas pode prejudicar o desenvolvimento da colônia, afetando inclusive a capacidade cognitiva das abelhas (Bouchebti, *et al.*, 2022). No entanto, algumas fontes naturais ou artificiais fornecidas às abelhas podem ser mais prejudiciais que a própria deficiência. Alguns recursos alimentares apesar de consumido pelas abelhas podem possuir fatores antinutricionais.

Tal fato explica o insucesso da ração à base de *D. alata*. Sementes de *D. alata* contêm compostos fenólicos ($529,50 \pm 12,44$ mg GAE 100 g^{-1}) e taninos ($55,59 \pm 9,45$ mg 100 g^{-1}) (Viana *et al.*, 2023). Ambos podem reduzir significativamente a palatabilidade e aceitabilidade das rações, além de diminuir ou impedir a absorção de outros nutrientes essenciais para o crescimento das abelhas.

É importante reforçar que apesar das limitações da castanha de *D. alata* para as abelhas, seu néctar é indispensável. Esta planta é abundante no bioma Cerrado (Magalhães, 2014) e bastante visitada por abelhas, haja vista que, de 40% dos insetos que buscam por seu néctar são abelhas (Oliveira *et al.*, 2008).

Folhas de *M. oleifera* também possuem compostos fenólicos e taninos, entretanto, estes são significativamente menores, $22,86 \pm 0,0217$ mg GAE g⁻¹ matéria seca e $1,33 \pm 0,092$ mg g⁻¹, respectivamente (Meziani *et al.*, 2023). Tais concentrações podem permitir maior aceitabilidade pelas abelhas levando a maior longevidade aqui apresentada.

A *M. oleifera* vem ganhando espaço na nutrição não só de animais, mas, também humana (Milla *et al.*, 2021). Ela possui quantidades significativas de nutrientes como carboidratos, proteínas, lipídios, aminoácidos essenciais que facilitam o ajuste de dietas que exigem quantidades significativas de nutrientes (Tabela 1) (Srivastava *et al.*, 2023).

Já a ração contendo pólen foi a que proporcionou maior tempo de vida às abelhas. Comparando os resultados, as rações com folhas de *M. oleifera* e pólen são semelhantes, no entanto, as folhas de moringa são melhores alternativas como alimento. A *M. oleifera* é de fácil obtenção, possui custo baixo e caso o apicultor opte por produzir, é de fácil manejo. As plantas de moringa são fáceis de cultivar e são adaptadas a diversas regiões e condições de cultivo (Bayomy *et al.*, 2023) e podem ser facilmente manipuladas para obtenção dos macerados de folhas para alimentação das abelhas.

Vale reforçar que o fornecimento de pólen não garante uma suplementação eficiente. O pólen é importante componente para alimentação natural das abelhas, porém sua composição química e valor nutricional variam de acordo com a origem botânica, condições de coleta, temperatura do ar e estado nutricional da planta (Thakur & Vikas, 2020).

Pesquisadores avaliaram diferentes tipos de pólen e encontraram teores de proteína variando entre 8,4% e 18,1%. Os pesquisadores avaliaram ainda o efeito da alimentação de abelhas com misturas de pólen de diferentes origens botânicas: Asteraceae, Myrtaceae e Moraceae. As abelhas que receberam pólen de Asteraceae tiveram o tempo de vida reduzido (Frias *et al.*, 2016).

Vale lembrar ainda que o pólen utilizado na alimentação de abelhas é geralmente adquirido de outros produtores ou provenientes de outros apiários. Essa aquisição além de onerosa esbarra no risco de transmissão de doenças. O pólen proveniente de apiários desconhecidos pode conter patógenos e se consumido contaminar colônias saudáveis (Graystock *et al.*, 2013).

É evidente que por mais que a proteína seja essencial para as abelhas, nem toda fonte é adequada para suplementação. Aqui neste trabalho, a castanha do baru (*Dipteryx alata*), uma Fabaceae mostrou-se uma fonte ineficiente de proteína, uma vez que tem alta mortalidade em comparação com outras fontes alimentares. Por outro lado, derivados da soja, que também é uma Fabaceae têm sido amplamente utilizados na alimentação de abelhas (Paray *et al.*, 2021).

Para manutenção de abelhas, principalmente em períodos de escassez de flores é necessária a suplementação. A suplementação, se realizada quando necessária mantém ou melhora a postura de ovos pela rainha, garante melhor alimentação das crias e por consequência fortalecendo a colônia (Paray *et al.*, 2021).

Apresentando aqui uma nova possibilidade para suplementação de abelhas em períodos de escassez. Há anos o xarope consagrou-se como alimento energético e atende bem as necessidades de suplementação. Quanto à parte de proteínas, minerais e vitaminas existem possibilidades, mas estas ainda são dificultadas pelos custos. A *M. oleífera* demonstrou ser excelente alternativa. Novos estudos podem ser conduzidos testando rações que possuam outras concentrações de *M. oleífera* a fim de fortalecer sua utilização como via alternativa de baixo custo.

CONCLUSÃO

Rações contendo pólen são eficientes e proporcionam melhor sobrevivências das abelhas, entretanto, a substituição por folhas de moringa (*Moringa oleifera*) pode garantir respostas semelhantes com menor custo. Não se recomendarações contendo castanha de baru para abelhas (*Dipteryx alata*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYOMY, H. M.; ALAMRI, E. S.; ALHARBI, B. M.; FOUDAH, S.H.; GENAIDY, E.A.; ATTEYA A. K. Response of Moringa oleifera trees to salinity stress conditions in Tabuk region, Kingdom of Saudi Arabia. **Saudi Journal of Biological Sciences**. v. 30, n. 10, p.103810, 2023;

BOUCHEBTI, S., WRIGHT, G. A., & SHAFIR, S. Macronutrient balance has opposing effects on cognition and survival in honey bees. **Functional Ecology**, 36(10), 2558-2568, 2022;

CHAKRABARTI, P.; MORRÉ, J.; LUCAS, H. M.; MAIER, C. S.; SAGILI, R. R. The omics approach to bee nutritional landscape. **Metabolomics**, v. 15, n.127, p. 1-10;

DAMASIA-GOMES, L.; FALEIRO, K. M. ; SANTOS, S. O. ; GUIMARAES, L. E. ; SILVA-NETO, C. M. . PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF HONEY ON BRAZIL. **Enciclopédia Biosfera**, p. 670-682, 2015;

FREITAS, P. V. D. X.; RIBEIRO, F. M.; ALMEIDA, E. M.; ZANATA, R. A.; ALVES, J. J. L.; OLIVEIRA, V. F.; FAQUINELLO, P. Declínio populacional das abelhas polinizadoras: Revisão. **Pubvet**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2017;

FREITAS, P. V. D. X.; SILVA, M. R. S. ; FAQUINELLO, P. ; CARLOS DE MELO SILVA NETO . Development and productive parameters of microcolonies of fed different protein supplements. **JOURNAL OF APICULTURAL RESEARCH**, p. 1-8, 2021;

FREITAS, P. V. D. X.; FAQUINELLO, P.; ARNHOLD, E.; FERRO, D. A. C.; FERRO, R. A. C.; LACERDA, M. L. G.; LEITE, P. R. S. C.; SILVA NETO, C. M. O raio de voo e as condições climáticas afetam a atividade externa da abelha sem ferrão *Melipona rufiventris* (Lepelletier, 1836). **Revista Brasileira de Biologia**, v. 83 n. e275645, p.11-9, 2023;

FRIAS, B. E. D.; BARBOSA, C. D.; LOURENÇO, A. P. Pollen nutrition in honey bees (*Apis mellifera*): impact on adult health. **Apidologie**, v. 47, p.15-25, 2016;

GOPALAN, C. **Micronutrient malnutrition in SAARC**. Boletín del NFI. India, 1994;

GRAYSTOCK, P., YATES, K., EVISON, S. E. F.; DARVILL, B.; GOULSON, D.; HUGHES, W. O. H. The Trojan hives: pollinator pathogens, imported and distributed in bumblebee colonies. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 1207-1215, 2013

MAGALHÃES, R.M. A cadeia produtiva da amêndoa do baru (*Dipteryx alata* vog.) no Cerrado: uma análise da sustentabilidade da sua exploração. **Ciencia Florestal**, v. 24, n. 3, p. 665–676, 2014;

MEZIANI, S.; AISSANI, A.; KHEMIS, I.; OOMAH, B. D.; ZAIDI, F. PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF MORINGA OLEIFERA LAM LEAF POWDER TREATED AT DIFFERENT TEMPERATURES. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 30, p. 100389, 2023;

MILLA, P. G.; PEÑALVER, R.; NIETO, G. Benefícios para a saúde dos usos e aplicações da Moringa oleifera em produtos de panificação. **Plantas**, v. 10 , n. 318, p.1-17, 2021;

MORAIS, M. M.; TURCATTO, A. P.; PEREIRA, R. A.; FRANCOY, T. M.; GUIDUGLI-LAZZARINI, K. R.; GONÇALVES, L. S.; ALMEIDA, J. M. V.; ELLIS, J. D.; JONG, D. Protein levels and colony development of Africanized and European honey bees fed natural and artificial diets. **Genetics and Molecular Research**, v. 12, n.4, p. 6915-6922, 2023;

OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R.. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (Leguminosae-Papilionoideae) em Mato Grosso do Sul, Brasil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 31, n.2, p. 195–207, 2008;

PARAY, B. A.; KUMARI, I.; HAJAM, Y. A.; SHARMA, B.; KUMAR, R.; ALBESHR, M. F.; FARAH, M. A.; KHAN, J. M. Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, p. 1167-1176, 2021;

ROULSTON, T. H.; CANE, J. H.; BUCHMANN, S. L. What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen-pistil interaction, or phylogeny?. **Ecological Monographs**, v. 70, p. 617–643, 2000;

SEREIA, M. J.; TOLEDO, V. DE A. A. DE.; RUVOLLO-TAKASUSUKI, M. C. C.; SEKINE, E. S.; FAQUINELLO, P.; MAIA, F. M. C. Viabilidade financeira da produção de geleia real com abelhas africanizadas suplementadas com diferentes nutrientes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 467-474, 2010;

SIQUEIRA, K. N.; OLIVEIRA, Q. C.; OLIVEIRA, S. S.; BRAGA, C. A. D. S. B.; C. M. SILVA NETO, S. Florada de plantas melíferas no Cerrado. **Tecnia**, v. 6, n. 1, p. 237-252, 2021;

SRIVASTAVA, S.; PANDEY, V. K.; DASH, K. K.; DAYAL, D.; WAL, P.; DEBNATH, B.; SINGH, R.; AAMIR, HUSSAIN, D. Dynamic bioactive properties of nutritional superfood Moringa oleifera: A comprehensive review. **Journal of Agriculture and Food Research**, p. 100860, 2023;

STEFAS, S.; GYFTOKOSTAS, N.; KOURELIAS, P.; NANOU, E.; TANANAKI, C.; KANELIS, D.; LIOLIOS, V.; KOKKINOS, V.; BOURAS, C.; COURIS, S. Honey discrimination based on the bee feeding by Laser Induced Breakdown Spectroscopy. **Food Control**, v. 134, 2022;

THAKUR, M.; VIKAS, N. Composition and functionality of bee pollen: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v.98, p. 82-106, 2020;

VIANA, H. N. A. C.; SGANZERLA, W. G.; CASTRO, L. E. N.; VEECK, A. P. L. Characterization of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and application of its agro-industrial by-product in the formulation of cookies. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 12, p. 100577, 2023.