

# Organização, necessidades nutricionais e suplementação artificial para abelhas *Apis Mellifera*

Organization, nutritional needs and artificial supplementation for *Apis Mellifera* bees

Organización, necesidades nutricionales y suplementación artificial para las abejas *Apis Mellifera*

Recebido: 06/06/2022 | Revisado: 15/06/2022 | Aceito: 28/06/2022 | Publicado: 07/07/2022

**Marcela de Souza Zangirolami**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5427-016X>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: [marcelazangirolami@gmail.com](mailto:marcelazangirolami@gmail.com)

**Oscar de Oliveira Santos Junior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: [oliveirasantos.oscardeoliveira@gmail.com](mailto:oliveirasantos.oscardeoliveira@gmail.com)

## Resumo

As abelhas *Apis mellifera* coletam um conjunto de substâncias da natureza para assegurarem a sua sobrevivência, nomeadamente o néctar, que é a principal fonte em carboidratos e utilizado para produção de energia, o pólen da onde retiram as proteínas, minerais, vitaminas e lipídeos e a água que atua no controle da temperatura e umidade da colmeia. O consumo de carboidratos ocorre em todas as fases do desenvolvimento das abelhas, porém na fase adulta a dieta é quase exclusiva à base destas substâncias, necessitando uma abelha de aproximadamente 4 mg de açúcar por dia para sobreviver. A suplementação artificial fornecida para as abelhas pelos apicultores surgiu como uma prática de sobrevivência e manutenção das atividades da colmeia. Pastas e xaropes de mel, sacarose, açúcares invertidos, xaropes de milho de elevado teor em frutose (HFCS) e outros xaropes de frutas são oferecidos como suplemento energético em períodos de escassez de néctar, como em condições climáticas adversas enquanto que dietas proteicas a base de farinha de soja, albumina, farinha de arroz, farinha de milho, entre outras, servem como estratégia para o apicultor aumentar a criação, produzir rainhas, multiplicar comeias, entre outros fatores de interesse. Dessa forma, o trabalho teve como objetivo revisar o estilo de vida e as necessidades nutricionais das abelhas dessa espécie, assim como exemplificar os tipos de suplementos alimentares existentes e em que circunstâncias melhor se aplicam, auxiliando os apicultores na escolha da alimentação mais adequada.

**Palavras-chave:** *Apis Mellifera*; Alimentação artificial; Colmeia; Pólen; Mel.

## Abstract

The honeybee *Apis Mellifera* collect a set of substances from nature to ensure their survival, namely the nectar, that is the main source of carbohydrates and used for energy production, pollen from where they take: proteins, minerals, vitamins and lipids and water that acts as temperature control and humidity of the hive. The consumption of carbohydrates occurs at all stages of bee development, but in adulthood the diet is almost exclusively based on these substances, requiring a bee of approximately 4 mg of sugar per day to survive. Artificial supplementation provided to bees by beekeepers emerged as a practice of survival and maintenance of hive activities. Pastes and syrups of honey, sucrose, invert sugars, high fructose corn syrups (HFCS) and other fruit syrups are offered as an energy supplement in times of nectar shortage, such as adverse weather conditions, while protein-based diets of soy flour, albumin, rice flour, corn flour, among others, serve as a strategy for the beekeeper to increase breeding, produce queens, multiply comets, among other factors of interest. In this way, the work aimed to review the lifestyle and nutritional needs of bees of this species, as well as exemplify the types of existing food supplements and under what circumstances they are best applied, helping beekeepers in choosing the most appropriate food.

**Keywords:** *Apis Mellifera*; Artificial feeding; Hive; Pollen; Honey.

## Resumen

Las abejas *Apis mellifera* recolectan de la naturaleza un conjunto de sustancias para asegurar su supervivencia, a saber, el néctar, que es la principal fuente de hidratos de carbono y utilizado para la producción de energía, el polen del que extraen proteínas, minerales, vitaminas y lípidos y el agua que actúa para controlar la temperatura y la humedad de la colmena. El consumo de hidratos de carbono se produce en todas las etapas de desarrollo de las abejas, pero en la fase adulta la dieta se basa casi exclusivamente en estas sustancias, requiriendo una abeja de aproximadamente 4 mg de azúcar al día para sobrevivir. La suplementación artificial proporcionada a las abejas por los apicultores surgió como una práctica de supervivencia y mantenimiento de las actividades de la colmena. Las pastas y jarabes de miel,

sacarosa, açúcares invertidos, jarabes de milho de alta frutosa (JMAF) e outros jarabes de frutas se oferecem como suplemento energético em épocas de escassez de néctar, como condições climáticas adversas, enquanto que as dietas baseadas em proteínas de farinha de soja, albumina, farinha de arroz, farinha de milho, entre outros, servem como estratégia ao apicultor para aumentar a criação, produzir rainhas, multiplicar abelhas, entre outros fatores de interesse. De esta forma, o trabalho teve como objetivo revisar o estilo de vida e as necessidades nutricionais das abelhas desta espécie, assim como exemplificar os tipos de complementos alimentícios existentes e em que circunstâncias se aplicam melhor, ajudando os apicultores na escolha do alimento mais adequado.

**Palavras chave:** *Apis Mellifera*; Alimentação artificial; Colmeia; Polen; Mel.

## 1. Introdução

As abelhas são os principais agentes polinizadores dos vegetais contribuindo para a manutenção dos ecossistemas terrestres, equilíbrio ecológico da flora e preservação da biodiversidade, ao mesmo tempo que proporcionam um conjunto dos mais variados produtos, como a geleia real, cera, própolis, pólen, mel e até mesmo o veneno (apitoxina). Como garantia de uma produção que gere rentabilidade, o setor de apicultura vem ganhando cada vez mais espaço no conjunto das diferentes atividades agrícolas (Potrich et al., 2018).

A apicultura é considerada uma atividade agrícola de uso múltiplo, pois além de contribuir para a sustentabilidade dos sistemas desenvolve o setor socioeconômico de determinada região, todavia é muito dependente dos recursos naturais, e por isto possui oscilações de produção de acordo com as condições climáticas e ambientais de cada região. Na ausência de florações apropriadas, quando a reserva de alimento é insuficiente, o apicultor tem uma importante função complementar, o de fornecer a chamada alimentação artificial (Casaca, 2010).

A alimentação artificial, ou suplementação, genericamente fornecida às abelhas em períodos de escassez de alimento, é cada vez mais uma ferramenta de manejo apícola não limitada apenas à sustentabilidade da colônia, mas associada a um conjunto de ações muito variável como seja o estímulo à criação, suplemento energético, suporte à criação de rainhas, melhoria da qualidade de postura, redução de níveis de reprodução de varroa, melhoria da microflora intestinal das abelhas, prevenção da nosema, melhoria da saúde de colmeias infestadas por loque americana, entre outras (Kohsaka, Park, & Uchiyama, 2017).

## 2. Metodologia

Este trabalho trata-se de uma revisão narrativa da literatura fundamentada na taxonomia, fases de desenvolvimento, organização, anatomia, necessidades nutricionais e os tipos de alimentação artificial existentes para abelhas *Apis Mellifera*. As buscas foram realizadas através das bases de dados *Science Direct*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *National Library of Medicine* (PubMed) além de livros e manuais redigidos por pesquisadores e/ou apicultores com conhecimento relevante sobre o tema.

A pesquisa foi realizada entre os anos de 2021 e 2022 e como palavras-chave utilizou-se os termos em inglês: *Apis Mellifera*, *Artificial feeding*, *Honey bee*, *Nutritional needs for Apis Mellifera*, *Pollen*, *Hive* e *beekeeping*, ao final da busca, foram selecionados 61 trabalhos considerados mais relevantes no âmbito da nossa pesquisa.

## 3. Taxonomia

A ordem Himenóptera que compreende moscas, vespas, formigas e abelhas é uma das quatro maiores, possuindo mais de 153 mil espécies descritas e prevendo-se mais de um milhão que ainda não foram descritas. Dentre elas incluem-se parasitoides, predadores e polinizadores que tem uma grande relevância ecossistêmica e econômica, pois desenvolvem um papel fundamental (Peters et al., 2017).

A família Apidae é uma das maiores famílias pertencentes a este grupo, com mais de 17 mil espécies de abelhas divididas em subfamílias. As abelhas produtoras de mel pertencem a duas subfamílias da família Apidae, são elas: Apinae e

Meliponinae englobando esta última as abelhas sem ferrão. A Apinae possui apenas um gênero, *Apis*, dos quais a espécie *Apis mellifera* tem uma importância muito maior comparada com as restantes. Entre as raças das espécies de *Apis*, as nativas de regiões frias armazenam mais mel do que as nativas de regiões tropicais e subtropicais onde a sua atividade não é interrompida por períodos de frio (Luz et al., 2016).

Esta espécie espalhou-se em toda Europa e no Oriente Médio dando origem a cinco linhagens diferentes através de uma sucessiva colonização: Africana (A), Europa Ocidental (M), Europa Oriental (C), Oriente Médio (O) e etíope (Y). Dentre essas inúmeras raças o resultado de uma integração entre as linhagens M e A deram origem à *Apis mellifera iberiensis*, que juntas povoam toda a Península Ibérica (Ilyasov et al., 2020; Jara et al., 2012).

## 4. Organização das Abelhas

As abelhas passam toda a sua vida em agregados denominados de enxames. Normalmente, um enxame é composto por uma rainha (abelha mãe), por milhares de operárias ou fêmeas atrofiadas e ainda por centenas de machos que se nomeiam zangões. As abelhas são capazes de reconhecer qual o seu enxame pelo cheiro específico que cada um tem, podendo-a distinguir das outras. No caso das abelhas melíferas, o enxame ocupa normalmente uma cavidade que poderá ser natural ou artificial, denominando-se o seu conjunto como colmeia. Na colmeia são construídos os favos, compostos por milhares de alvéolos, onde as abelhas armazenam o alimento recolhido e onde são colocados os ovos pela rainha (JR & Peng, 2001; Wang et al., 2015).

### 4.1 Abelha rainha

Toda a harmonia na colmeia e o trabalho desenvolvido pelo enxame é devido à importância da abelha rainha, pois é ela quem produz e distribui para todas as outras abelhas um conjunto de substâncias denominado de feromona da rainha, que, para além de outras funções, sinaliza a sua presença dentro da colmeia e impede que os órgãos reprodutores das operárias se desenvolvam. Como consequência disso, ela é a única que apresenta um outro papel fundamental dentro da colmeia, que é o da reprodução da espécie (Villar & Grozinger, 2017).

A rainha nasce de um ovo fecundado inserido num alvéolo de maiores dimensões, e é alimentada durante todas as fases da sua vida pelas operárias com geleia real, um alimento rico em proteínas, vitaminas e hormonas, e que induz um desenvolvimento diferenciado das operárias (Shi et al., 2018). Para ser fecundada, a abelha rainha tem de realizar o voo nupcial que ocorre a partir do seu nono dia de vida. Somente os zangões mais ágeis conseguem localizar a rainha a partir da sua feromona, alcançá-la e então a fecundar em voo, são em média 6 a 8 zangões para fecundar uma única rainha. Este é o único voo de fecundação realizado em toda a sua vida, ficando o sêmen armazenado na sua espermateca (Fratini et al., 2016).

Uma rainha coloca cerca de 1000 ovos por dia podendo viver mais de três anos. É a rainha que cabe a diferenciação entre as castas. Para isso a abelha rainha avalia com as suas patas a dimensão do alvéolo onde vai colocar o ovo, se esse alvéolo for estreito o ovo será depositado ao mesmo tempo que comprime a sua espermateca para libertar os espermatozoides, fecundando assim o ovo que originará as operárias. Se este alvéolo for maior, as rainhas somente depositam o ovo e deste ovo não fecundado nascem os zangões (Santos et al., 2016).

### 4.2 Operárias

As operárias são fêmeas como a abelha rainha, porém elas diferem por apresentar o órgão sexual atrofiado e consequente transformação do ovipositor no seu órgão de defesa, o ferrão. Esta diferença resulta da sua alimentação na fase de desenvolvimento larvar, a qual, a partir do terceiro dia, deixa de ser geleia-real, como na rainha, e passa a ser constituída por mel e pólen (Gallo et al., 2002).

As operárias são as responsáveis por todo o trabalho exercido na colmeia e desenvolvem as atividades de acordo com a idade, desenvolvimento glandular e necessidades da colmeia. Do primeiro ao quinto dia cuidam da limpeza dos alvéolos e das abelhas recém-nascidas, do quinto ao décimo dia de vida elas possuem a função de nutrizas, ou seja, são responsáveis pela alimentação das larvas e pelo seu desenvolvimento, pois já apresentam grande parte das glândulas hipofaríngeas e mandibulares desenvolvidas, capazes de produzir geleia-real. Após o décimo dia de vida as glândulas ceríferas já estão bem desenvolvidas, por isso nesta fase, até seu vigésimo dia de vida, produzem cera para a construção de favos, recebem e desidratam o néctar trazido pelas percoladoras para elaboração do mel e ainda armazenam o pólen nos favos. Entre o décimo oitavo e vigésimo primeiro dia as operárias realizam a defesa da colmeia pois já possuem o ferrão bem desenvolvido e veneno acumulado em grande quantidade, podendo também colaborar no controle da temperatura da colmeia. Após a esta idade e até a sua morte são encarregadas de coletar o néctar, o pólen, resinas e água. Nesta fase são denominadas percoladoras (Camargo et al., 2002).

#### 4.3 Zangões

Os zangões são os machos da colmeia e possuem uma única função, a de fecundar a rainha. O período de vida de um zangão é de 2 a 3 meses, atingindo a sua maturidade sexual a partir do décimo segundo dia de vida. A partir daí podem realizar o voo nupcial, porém os machos que fecundam a abelha rainha tem uma morte certa, pois os seus genitais ficam presos a ela após o acoplamento (Gallo et al., 2002).

Os zangões são maiores e mais fortes do que as abelhas operárias, apresentando os olhos e o olfato mais desenvolvidos, além de possuírem asas maiores e musculadas, o que resulta da sua necessidade de efetuar longos voos e possuir uma excelente orientação para detecção da rainha (Camargo et al., 2002).

### 5. Ciclo de Vida

O desenvolvimento das três castas de abelhas: rainha, operárias e zangões, passa por quatro estágios principais: ovo, larva, pupa e adultos, como se pode observar na Figura 1. Durante o estágio larvar, as três castas ganham muito peso, aumentando as operárias cerca de 900 vezes o peso do ovo enquanto a rainha aumenta 1700 e os zangões 2300 vezes (Wang et al., 2015).

**Figura 1:** Principais estágios do desenvolvimento: 1° ovo, 2° larva, 3° pupa e 4° adultos.



Fonte: Adaptado de (STAROSTA, 2007).

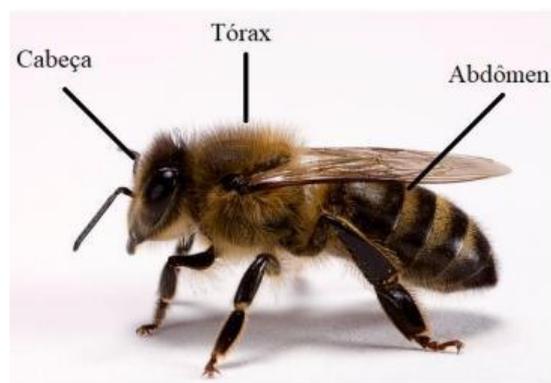
Os ovos depositados pelas rainhas possuem cor branca perolada, um formato cilíndrico oval e alongado, curvado ligeiramente e mais espessos na extremidade, onde se formará a cabeça, comparado com a extremidade abdominal. A rainha coloca um ovo por alvéolo numa extremidade do fundo da célula, e após 3 dias eclode e inicia-se o estado larvar.

A larva é inicialmente alimentada pelas abelhas nutrizas, capazes, a partir de suas glândulas, de produzir a geleia-real. Apenas as larvas mais velhas podem receber diretamente mel e pólen. Passados 6 dias após a eclosão, a larva já atingiu o peso ideal, deixando de ser alimentada pelas operárias, que fecham a célula com uma camada de cera, opérculo. Quando isto ocorre a larva envolve-se num casulo e então dá-se o terceiro estágio de desenvolvimento, pupa, onde se estabelece a forma e estrutura da abelha. Após o 12º dia já é possível observar os contornos formados de cabeça, tórax e abdômen. Posteriormente, começam a aparecer as antenas o aparelho bucal, a pigmentação dos olhos e pernas e asas, o que nos indica o final da metamorfose. O desenvolvimento para uma abelha obreira, leva em média 21 dias, findos os quais a abelha adulta rompe a película de cera e pode dar início aos seus trabalhos (Ramos & Carvalho, 2007).

## 6. Anatomia

O corpo da abelha pode ser dividido em três partes: cabeça, tórax e abdômen, Figura 2, sendo que nesses três compartimentos encontram-se as principais glândulas e sistemas.

**Figura 2:** Morfologia da abelha *Apis mellifera*: Cabeça, Tórax e Abdômen.



Fonte: Adaptado de (STAROSTA, 2007).

Na cabeça estão localizados os olhos e as antenas. O olfato é realizado por meio das cavidades olfativas, em maior número nos zangões comparado com as operárias ou a rainha. O aparelho bucal é composto por duas mandíbulas e a língua ou glossa. As mandíbulas são estruturas fortes, utilizadas para cortar e manipular cera, própolis e pólen. Servem também para alimentar as larvas, limpar os favos, retirar abelhas mortas do interior da colmeia e na defesa. A língua é uma peça bastante flexível, coberta de pelos, utilizada na coleta e transferência de alimento, na desidratação do néctar e na evaporação da água quando se torna necessário controlar a temperatura da colmeia. Ainda na cabeça estão localizadas as glândulas mandibulares, que dissolvem a cera e ajudam a processar a geleia-real que alimentará a rainha e as hipofaríngeas, que funcionam do quinto ao 12º dia de vida da operária e transformam o alimento comum (mel e pólen) em geleia-real (Gonçalves et al., 2017).

O tórax é formado por três segmentos, o primeiro está ligado à cabeça e é conhecido como protórax, em seguida está o mesotórax e por último, ligado ao terceiro compartimento do abdômen, está o metatórax. Nesta seção estão os órgãos locomotores, estando as pernas posteriores adaptadas para o transporte de pólen e resinas, bem como auxiliar a manipulação de cera e própolis e na limpeza do corpo. Na parte superior encontram-se dois pares de asas com uma estrutura membranosa, responsáveis pelo voo, e ainda uma grande quantidade de pelos que tem a importante função de fixar os grãos de pólen. Nesta região encontram-se também os espiráculos, que são órgãos de respiração, o esôfago que é parte do sistema digestivo e as glândulas salivares, envolvidas no processamento do alimento (Gonçalves et al., 2017).

O abdômen é formado por membranas bastante flexíveis que facilitam o seu movimento. É nesta parte do corpo que se encontra o aparelho digestivo, circulatório, reprodutor, excretor, os órgãos de defesa, as glândulas produtoras de cera e o ferrão, que está ligado a uma pequena bolsa onde o veneno fica armazenado (RAMOS & CARVALHO, 2007). Dada a importância para o trabalho, o aparelho digestivo será descrito em maior pormenor.

## 7. Sistema Digestivo

O sistema digestivo dos insetos é constituído por um tubo, que se estende desde a boca até o ânus e geralmente é um pouco enrolado. Este canal pode ser dividido em três regiões, nomeadamente, intestino anterior ou também chamado estomadeu, intestino médio ou mesentero e intestino posterior ou também denominado proctodeu (Catae, Roat, De Oliveira, Ferreira Nocelli, & Malaspina, 2014). Na fase larvar não existe conexão entre o proctodeu e o mesentero e conseqüentemente não há a eliminação dos excrementos. O amadurecimento do proctodeu só ocorre no final da fase larvar quando o casulo já foi construído, e nesse momento todo o alimento armazenado no estômago é descarregado no intestino. Durante o processo de metamorfose, ou seja, no momento em que o simples aparelho digestivo das larvas se transforma no sistema complexo das abelhas adultas, elas não se alimentam, sobrevivendo apenas das reservas obtidas na fase larvar (Gonçalves et al., 2017).

Nas abelhas adultas o aparelho digestivo inicia-se na cavidade bucal com o estomadeu, constituído pela faringe, esôfago, papo e proventrículo. A faringe possui músculos de compressão e contração que permitem criar um movimento de sucção que aspira o alimento através do esôfago, terminando numa bolsa denominada de vesícula nectarífera ou papo. É nesta vesícula que as abelhas transportam o néctar para a colmeia, tendo a capacidade de o regurgitar quando chegam à colmeia, ou alternativamente consumir mediante as suas necessidades. Neste caso, é através da abertura do proventrículo que se dá a passagem para o mesentero onde decorrerá a ação enzimática e absorção dos produtos da digestão. A absorção de água, sais e a eliminação dos resíduos da digestão ocorrem posteriormente no proctodeu subdividido em intestino delgado e grosso. É nesta região que se observam os túbulos de Malpighi que consistem em filamentos longos e finos, capazes retirar da hemolinfa os resíduos azotados resultantes da decomposição das proteínas durante o metabolismo (Friol, Catae, Tavares, Malaspina, & Roat, 2017).

### 7.1 Digestibilidade e absorção

Na região do estomadeu ocorre a ingestão, armazenamento, moagem e transporte de alimentos para a próxima região, o intestino médio, onde são produzidas e segregadas as enzimas digestivas que promovem a decomposição dos alimentos ingeridos, dando-se início à absorção dos nutrientes. O material não absorvido, em conjunto com os resíduos excretados pelos túbulos de Malpighi, entram para o proctodeu, sofrendo, ainda antes da eliminação das fezes através do ânus, a absorção de água e sais. A digestão de alimentos nas abelhas ocorre maioritariamente no ventrículo, porém, existem estudos que indicam a existência de bactérias e enzimas no papo, o que sugere logo aí o início da digestão. Estas enzimas podem ter origem glandular, ser resultantes da regurgitação ventricular ou resultarem das bactérias presentes (Gonçalves et al., 2017).

Para o pólen a digestão ocorre da mesma forma em larvas e abelhas adultas, sendo que o tempo de permanência no trato digestivo depende da idade da abelha, da quantidade de alimento ingerido e o motivo da retenção. Geralmente a passagem pelo tubo digestivo ocupa de 1 a 3 horas, 3 a 12 horas no ventrículo e 5 a 20 minutos no proctodeu. A eficácia da digestão deste nutriente é mesmo assim limitada, estando descrito que somente 50% do pólen ingerido é aproveitado (Ricigliano et al., 2017).

Para os carboidratos, o processo de digestão inicia-se maioritariamente no ventrículo onde a sacarose é convertida em glicose e frutose e em seguida absorvida para a hemolinfa fornecendo a energia necessária para o gasto metabólico (Candy et al., 1997). A absorção da glicose, frutose e 3-o-metilglicose ocorre nos dois terços iniciais do ventrículo por difusão simples e

acontece de forma idêntica no verão e no inverno, sendo que os carboidratos contidos no intestino podem continuar a ser absorvidos (Crailsheim, 1988).

## 8. Nutrição das Abelhas

Para se obter uma colmeia saudável, onde todos os indivíduos se desenvolvam e realizem as funções e ocorra a reprodução da espécie, as abelhas necessitam, como qualquer outro animal, de um conjunto de alimentos essenciais para sua sobrevivência em proporções adequadas, nomeadamente, carboidratos (açúcares do néctar ou mel), aminoácidos (proteínas de pólen), lipídeos (ácidos gordos e esteróis), vitaminas, minerais (sais) e água (Huang, 2010).

Apesar das três castas de abelhas necessitarem dos mesmos alimentos durante a sua vida, cada uma possui necessidades nutricionais próprias e mecanismos de alimentação específicos, criando ao longo das diferentes etapas de desenvolvimento, mecanismos diferentes para processar esses alimentos (DeGrandi-Hoffman et al., 2018).

### 8.1 Carboidratos

Toda a energia que as abelhas necessitam para exercer as atividades musculares, gerar calor para o corpo, manter as funções vitais de órgãos e glândulas, como a produção da cera, é obtida a partir da maior fonte natural em carboidratos, o néctar (Değirmenci et al., 2018).

Os açúcares são produzidos pelas flores das plantas, mas também podem ser encontrados em nectários extraflorais ou em secreções de outros insetos que se alimentam em plantas, os chamados exsudados que originam méis de melada. O néctar é a principal fonte de carboidratos para polinizadores e mutualistas defensivos. Os principais solutos encontrados na maioria dos néctares são proporções variáveis de sacarose, glicose e frutose. Açúcares mais raros, incluindo arabinose, galactose, manose, gentiobiose, lactose, maltose, melibiose, trealose, melezitose, rafinose e estaquiose foram também identificados nos néctares de algumas flores, podendo exibir alguma toxicidades se consumidos pelas abelhas, porém há estudos referindo que as hidrolases glicosídicas são capazes de hidrolisar estas substâncias e também podem ser metabolizados pela microbiota intestinal (Ricigliano et al., 2017; Roy et al., 2017).

Após sugarem o néctar, as abelhas iniciam a sua transformação logo durante o voo de retorno para a colmeia com a adição de enzimas (invertases, diastases e glucose oxidase) durante a estada do néctar no papo, continuando também durante a fase de regurgitação e armazenamento nos favos para reserva de alimentação (Tsuruda et al., 2021). Estas enzimas adicionadas provocam a dissociação dos polissacarídeos em monossacarídeos, ao mesmo tempo que o teor de água é reduzido transformando o néctar em mel. Geralmente o mel tem um conteúdo de 80- 85% de hidratos de carbono, 15-17% de água, 0,3% de proteínas, 0,2% de cinzas e pequenas quantidades de aminoácidos, fenóis, pigmentos e vitaminas. Os carboidratos são representados na maioria por glicose e frutose em redor dos 30 a 40%, respetivamente, além de outros dissacarídeos e trissacarídeos (S. U. Khan et al., 2018; Lira, 2014).

O mel é considerado um alimento funcional para as abelhas, pois o seu consumo não está limitado apenas em fornecer a energia necessária para as atividades desenvolvidas diariamente, mas também por possuir propriedades benéficas como a proteção contra patógenos microbianos e toxinas, proteção contra o estresse causado pelo frio e a regulação do desenvolvimento e longevidade na vida adulta (Berenbaum & Calla, 2021).

### 8.2 Proteínas

Uma das exigências nutricionais e de grande importância na vida das abelhas são as proteínas e a sua fonte natural é o pólen. O pólen é o plasma genital masculino das plantas, produzido a partir das anteras e utilizado para fecundar o gâmeta feminino, podendo assim reproduzir a espécie e garantir a sobrevivência da mesma (Casaca, 2010).

A composição nutricional do pólen pode variar de acordo com a fonte botânica de onde provém, porém sabe-se que, para além da água que corresponde a aproximadamente 30%, contém elevadas quantidades de açúcares (20 a 40%), proteínas (10 a 36%) e ácidos gordos (1 a 5%), bem como diversos minerais como o zinco, cobre ou ferro e alta relação potássio/sódio (1 a 7%), aos quais se juntam quantidades significativas de várias vitaminas como a provitamina A, vitamina E (tocoferol), niacina, tiamina, ácido fólico e biotina (Thakur & Nanda, 2020).

Metade do teor em proteínas do pólen correspondem a aminoácidos fundamentais para o desenvolvimento das abelhas, vários dos quais não são possíveis de sintetizar pelas próprias. Alguns estudos realizados por Paoli, et al. (2014), apontam que a composição de aminoácidos necessários para satisfazer as exigências nutricionais, para além de 20% de proteína bruta, deverá conter ainda 3 % de arginina, 2,5 % de fenilalanina, 1,5 % de histidina, 4 % de isoleucina, 4,5 % de leucina, 3 % lisina, 1,5 % de metionina, 3% de treonina, 1 % de triptofano e 4% de valina (Paoli et al., 2014).

A prolina é outro aminoácido sugerido como importante na dieta das abelhas, verificando-se que estas preferem os nectários ricos em prolina, devido a capacidade que possuem de a saborear, bem como ao papel potencial deste aminoácido nos voos dos insetos. Efetivamente, a seletividade das abelhas por determinados aminoácidos é evidenciado em alguns estudos que demonstram que abelhas mostraram estar dispostas preferir alimentar-se com fenilalanina em detrimento de sacarose ao mesmo tempo que evitam o consumo de glicina mesmo quando enriquecido com sacarose (Roy et al., 2017).

### 8.3 Lipídeos

De acordo com Ares, et al. (2018), as abelhas obtêm os lipídeos exclusivamente a partir do pólen, variando o teor lipídico de acordo com as espécies de onde é recolhido, oscilando entre 1 e 19% (Ares, Valverde, Bernal, Nozal, & Bernal, 2018). Estas substâncias, para além de funcionarem como fagoestimulantes, desempenham diversas funções biológicas, desde o armazenamento de energia, como elemento estrutural nas membranas biológicas, fatores enzimáticos, composição de hormonas e mensageiros intracelulares (Giri et al., 2018).

A importância do consumo de lipídeos está comprovada na literatura por vários autores: Black (2006) verificou que para obter a quantidade necessária de ácido linoleico, ácido linolénico e esteróis, as abelhas teriam de ingerir 1,6 mg/g de pólen para obter o ácido linoleico necessário e 5,5 mg/g para atingir o valor de ácido linolénico, valores estimados por defeito devido à grande excreção desses ácidos graxos pelas abelhas adultas (Black, 2006).

O pesquisador Manning, et al. (2007) testou o efeito do aumento do pólen de baixo teor lipídico com ácidos gordo na longevidade das abelhas e encontrou uma diminuição da vida útil das mesmas quando alimentadas com concentrações de ácido oleico acima de 2%, ao contrário de quando foram submetidas a uma alimentação com ácido linoleico, pois apresentaram uma maior tolerância (Manning et al., 2007). Vaudo, et al. (2015), explicou que os lipídeos são importantes numa variedade de processos fisiológicos em abelhas, como por exemplo no desenvolvimento do ovo, produção de cera e fonte de energia secundária e ainda que contribuem para a saúde larval e adulta (Vaudo et al., 2015). Ensaio realizados com a adição de 2 a 4% de lipídeos na dieta das abelhas também demonstraram um aumento na área de criação (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

### 8.4 Vitaminas, minerais e água

As vitaminas do complexo B estão descritas como essenciais para a maioria dos insetos e juntamente com o ácido pantoténico, tiamina, riboflavina, piroxidina e vitaminas A e K, surgem relacionadas com o desenvolvimento das glândulas hipofaríngeas e com o desenvolvimento das larvas. Foi detectado a presença de vitamina B12 e vitamina A no pólen apícola e quantidades variáveis de vitamina B1, B2, B3, B6, B7, B8, B9, bem como vitamina C, D e E (Thakur & Nanda, 2020). Porém, o armazenamento por longos períodos, superiores a 12 meses acabam por deteriorar muitas destas vitaminas devido à sua instabilidade, contribuindo para a diminuição do seu valor alimentar (Somerville, 2005).

Segundo Black (2006) a biotina, colina, ácido fólico, inositol, niacina, ácido pantotênico, piridoxina, riboflavina, tiamina, vitamina B12, vitamina A e Vitamina K mostraram ser essenciais na dieta das abelhas, e apesar do ácido ascórbico ser sintetizado por elas, quando adicionados aos suplementos, indicaram uma melhora nos seus desempenhos (Black, 2006). Os minerais são também muito importantes na nutrição das abelhas, pois atuam no funcionamento celular normal, como cofator enzimático, participam no metabolismo, regulam a expressão gênica, atuam na manutenção estrutural de biomembranas, imunidade e proteção contra radicais livres, síntese de proteínas, entre outras (Ares et al., 2018). As abelhas não recolhem os minerais separadamente mas a partir do pólen, água e néctar. O pólen contém de 2,5% a 6,5% de minerais encontrando-se mais frequentemente o potássio, fósforo, cálcio, magnésio e ferro. Segundo Somerville (2005), as abelhas nutridas com dietas contendo concentrações de cinzas no pólen entre 0,5-1% produziram uma maior quantidade de criação (Somerville, 2005). Já a adição de níveis superiores a 2% de cinzas na dieta das abelhas pareceu ser desvantajoso (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

Alguns estudos que investigam a variação do conteúdo de micronutrientes de insetos ao longo do tempo no campo, sugerem que as abelhas podem regular ativamente a ingestão específica de micronutrientes e ainda que os requisitos de micronutrientes de abelhas adultas mudam com a estação. Um exemplo é teor de magnésio que apresenta redução de mais de 50% entre verão e outono e o sódio que exibe múltiplas quedas de mais de 50%. Também no cálcio verifica-se um aumento na concentração no outono o que pode ser devido ao seu uso no movimento muscular para gerar calor no período de inverno (Bonoan et al., 2018). Contrariamente ao que se passa com o néctar e pólen, as abelhas não armazenam a água, portanto, é necessário a sua disponibilidade nas proximidades das colmeias. A água é fundamental para a sua sobrevivência, tanto para manter a homeostase do fluido corporal das abelhas adultas, produzir secreções glandulares e diluir mel para alimentar a criação mas também para manter e regular a temperatura e umidade relativa da colônia. Cada colmeia pode consumir até 20 litros de água por semana (Ostwald et al.,).

### **8.5 Necessidades nutricionais de acordo com a fase de desenvolvimento**

As larvas, logo após a eclosão, são alimentadas com geleia-real proveniente das secreções das glândulas hipofaríngeas das operárias, enquanto as larvas mais velhas recebem adicionalmente mel e pólen. Como não existe comunicação entre o estômago e o ânus nas larvas, todo o alimento que é ingerido é armazenado e utilizado nos estágios de pré-pupa e pupa. Nesta fase o provisionamento de alimento é muito maior do que o consumo e por isso a larva aparenta um aspeto leitoso, até que essa taxa de provisão de alimento se torne igual a de consumo (Huang, 2010). Para criar uma larva, é necessário 25-37,5 mg de proteína, sendo que as larvas jovens são visitadas e alimentadas com menos frequência do que as larvas mais velhas (Brodschneider & Crailsheim, 2010). Ao sexto dia após a eclosão, e com o fechar do alvéolo, a larva deixa de receber mais alimento e todo o desenvolvimento até à fase adulta é realizado com as reservas provisionadas. Após o nascimento e nos seis dias seguintes, apesar de aparentemente estar concluído o desenvolvimento da abelha, verifica-se um elevado consumo de carboidratos e proteína, necessário para o desenvolvimento das suas glândulas hipofaríngeas, mas também para a deposição de tecidos e músculos, refletindo-se num aumento do peso corporal, como se constata na Tabela 1. A partir do 5 dia de idade e com as glândulas hipofaríngeas já bem desenvolvidas, as abelhas nutrizas são capazes de segregar produtos ricos em proteínas, como a geleia-real, os quais serão distribuídos por trofalaxia para as larvas mais jovens (Corby-Harris et al., 2016).

No estado adulto, as abelhas conseguem sobreviver na ausência de proteínas, lipídeos, minerais e vitaminas pois estes podem ser catabolizados das reservas armazenadas durante o seu desenvolvimento, ao contrário dos carboidratos os quais precisam de ser ingeridos constantemente, uma vez que as abelhas possuem baixas reservas de glicogênio no corpo, somente 0,05-0,47 mg, o que não é suficiente para sobreviver por longos períodos (Ghosh et al., 2016).

## 9. Alimentação Artificial

Existem diversas razões para o qual é apelativo fornecer artificialmente um alimento para as abelhas, podendo classificar-se o suplemento em duas categorias: de manutenção ou estimulante, sendo que o alimento de manutenção é aplicado em períodos de escassez como garantia de sobrevivência e o estimulante pressupõe uma intenção orientada, por parte do apicultor (Paray et al., 2021).

A aplicação de alimentação artificial é hoje em dia utilizada pelos apicultores não apenas para manter as colônias em situações de confinamento e garantir reservas alimentares adequadas durante os períodos de inverno ou períodos de escassez de alimentos naturais (pólen e néctar), mas, cada vez mais, para provocar o desenvolvimento artificial da colônia. São diversas as situações em que é vantajoso provocar este desenvolvimento, por exemplo, para obter populações ótimas a tempo de fluxos de néctar ou para a polinização de culturas, para multiplicar colônias por divisão na primavera ou no final do verão, para estimular a criação, produzir rainhas e abelhas, prolongar a temporada para populações altas de zangões para acasalamento da rainha (Khan et al., 2022).

A alimentação artificial pode ser oferecida às abelhas sob a forma líquida, pastosa ou sólida, podendo também ser energética, proteica ou complementar dependendo da reserva de alimentos que a colmeia possui (Paray et al., 2021). Estão disponíveis no mercado produtos para alimentação artificial das abelhas, no entanto, dependendo do local o preço de importação se torna inviável fazendo com que os apicultores busquem soluções para preparar o alimento (Omar & Alkhezim, 2020). De qualquer forma, a aplicação dos alimentos artificiais não são recomendados a longo prazo e sim de forma temporária para manutenção da colônia, isso por que uma aplicação a longo prazo está relacionada a um prejuízo na longevidade das abelhas (Lamontagne-Drolet et al., 2019).

### 9.1 Suplementação energética

Nos períodos de escassez de néctar as colônias tornam-se mais agressivas na defesa da colmeia, observando-se um declínio na procura de pólen, uma vez que a quantidade de energia disponível para realizar os voos é menor, diminuindo também o seu comportamento higiênico e alterando o funcionamento da colônia. A aplicação de alimentação energética nestas situações poderá manter a área de incubação das larvas e a população da colônia num nível elevado ou mesmo provocar um estímulo de expansão. Alguns autores recomendam a aplicação de um alimento energético sempre que as colmeias estiverem com menos de dois quadros de reservas (aproximadamente 6-8 kg de mel) (Somerville, 2005).

Um dos alimentos artificiais utilizado como suplemento é o xarope de milho rico em frutose (HFCS), comumente usado porque o seu perfil de açúcar é muito semelhante ao do mel. Este suplemento é produzido por hidrólise enzimática de vários tipos de amido de milho obtendo-se uma mistura de glicose / frutose (Sammataro & Weiss, 2013). Outro dos alimentos energéticos que tem sido muito usado recentemente é o açúcar invertido, no entanto, diversos resultados apontam que durante a quebra da sacarose em glucose e frutose pela ação dos ácidos adicionados, há a liberação de hidroximetilfurfural (HMF), um composto que é bastante nocivo para as abelhas, pois causa úlcera intestinal e disenteria (Krainer et al., 2016). Autores como LeBlanc (2009) também constataram a toxicidade do HMF para abelhas, mostrando que em concentrações entre 57 e 200 mg/kg não afetou na sobrevivência das abelhas, no entanto, o tratamento que possuía a concentração de 250 mg/kg apresentou uma alta taxa de mortalidade (LeBlanc et al., 2009).

Em um estudo comparativo realizado por de Oliveira et al. (2020), observou-se que a dieta energética que possui maior similaridade com o mel é o xarope de açúcar, consequentemente, essa alimentação possibilitou um maior desenvolvimento da colônia assim como um melhor estado fisiológico das abelhas em relação a cana de açúcar e ao açúcar invertido (de Oliveira et al., 2020).

O alto valor agregado ao mel e os seus benefícios atrelados a saúde são os principais motivos pelo interesse na tomada de decisões fraudulentas por parte do produtor, como a adição de adoçantes com qualidade inferior (Se et al., 2019). Portanto, é relevante destacar as consequências da suplementação no mel produzido pelas abelhas, visto que o mesmo pode sofrer alterações sendo caracterizado como mel adulterado. Sendo assim, não é recomendado o aporte desse produto no período em que as abelhas estiverem sendo alimentadas artificialmente. Além disso, quando se é ofertado alimento artificial, hora elas podem produzir mel autêntico, hora podem produzir mel adulterado tornando a detecção desse tipo de adulteração ainda mais difícil (Kandolf Borovšak et al., 2017).

## 9.2 Suplementação proteica

O fornecimento de pólen é particularmente necessário quando se pretende manter ou aumentar a criação de novas abelhas ou quando o pólen disponível no campo se torna limitado, o que acontece geralmente antes ou durante um fluxo de néctar. A quantidade e o tempo em que esse suplemento deve ser aplicado depende da força da colônia, do nível de produção desejado, da atratividade do suplemento, mas também da sua eficácia (DeGrandi-Hoffman et al., 2018; Somerville, 2005).

Uma das causas associadas a perda de colônias é a nutrição das abelhas, uma vez que uma alimentação adequada garante abelhas saudáveis e mais resistentes às doenças em que estão suscetíveis (Dolezal & Toth, 2018). Segundo Steinhauer et al. (2018), a diversidade de pólen é importante para que as abelhas adquiram os micronutrientes necessários (Steinhauer et al., 2018). Portanto, os suplementos proteicos que se assemelham em valor nutricional do pólen têm se mostrado eficientes e auxiliam na prevenção da perda da colônia resultante de má nutrição ou escassez de alimento (DeGrandi-Hoffman et al., 2010).

Os suplementos proteicos contendo pólen são geralmente mais bem aceitos do que sem o pólen, porém é de notar que as propriedades nutritivas do pólen quando armazenado por um longo tempo poderão degradar-se, sendo o congelamento a melhor forma de armazenar estes alimentos. Embora o pólen seja sem dúvida o alimento proteico mais eficiente, são diversos os estudos que procuram uma fonte de proteínas alternativa para suprir as necessidades das abelhas, uma vez que oferecer um alimento rico em pólen como suplemento é economicamente inviável, garantindo ainda uma maior produtividade de mel (Ullah et al., 2021).

As abelhas podem ser alimentadas artificialmente com uma mistura de pólen, açúcar granulado, levedura de cerveja e água ou ainda recorrendo dietas enriquecidas com soja e leite em pó, contudo há indicações que alguns destes alimentos apresentam toxicidade para as abelhas. Estudos recentes referem que 40% dos açúcares contidos na soja são tóxicos para as abelhas e que a adição de 10% de lactose ou galactose aumenta a mortalidade das operárias e reduz a aceitabilidade do xarope de açúcar fornecido (Brodschneider & Crailsheim, 2010).

A composição em aminoácidos do pólen de milho foi maior em comparação as quantidades encontradas em pólen multifloral e em pólen artificial em um estudo realizado por Höcherl et al (2012), com exceção da Histidina. Segundo o autor, apesar da alta qualidade nutricional do milho foi possível observar que a ingestão dessa dieta tem relação com a redução da criação de ninhadas e na expectativa de vida das abelhas (Höcherl et al., 2012).

Por outro lado, o estudo realizado por Ullah et al. (2021) revelou que a dieta de pólen enriquecido com soja foi capaz de aumentar a fisiologia das abelhas e consequentemente aumentar a produção de mel e a produtividade (Ullah et al., 2021). Esses resultados estão em concordância com Núñez-Torres et al. (2017), indicando que dietas enriquecidas com soja geram resultados satisfatórios para postura da rainha, peso final da população, produção de pólen e mel e consumo alimentar (Núñez-Torres et al., 2017).

A geleia real produzida por abelhas suplementadas também já foi avaliada quanto aos aspectos físico-químicos e microbiológicos. Nesse estudo as dietas ofertadas as abelhas consistiram em misturas de diferentes proteínas (isolado proteico

de soja e levedura de cerveja) e óleos (palma, linhaça) e constatou-se que os suplementos não alteraram a qualidade da geleia real produzida, podendo desta forma favorecer o comércio apícola (Sereia & de Toledo, 2013).

## 10. Conclusão

As necessidades nutricionais das abelhas *Apis mellifera* variam de acordo com a fase de desenvolvimento em que se encontram, as abelhas nutrizas são responsáveis por alimentar as larvas mais novas com geleia-real, produto rico em proteínas e que elas próprias sintetizam, já as larvas mais velhas são alimentadas com mel e pólen. Na vida adulta e passados os cinco primeiros dias de vida, as abelhas são capazes de sobreviver exclusivamente com uma dieta baseada em hidratos de carbono e na ausência de proteínas.

A alimentação artificial das abelhas é um processo de manejo utilizado pelos apicultores nos períodos de escassez de floração de modo a garantir a sobrevivência da colônia, no entanto, são cada vez mais os apicultores que recorrem à suplementação das abelhas como estimulante visando o aumento de criação, produção de rainhas, multiplicação de colmeias, entre outros fatores de interesse.

Com base no que foi discutido ao longo do trabalho a respeito da suplementação das abelhas, entende-se que nenhuma dieta é capaz de equiparar-se com a alimentação natural (néctar e pólen) adquirida por elas, devido principalmente à variedade disponível no campo. No entanto, esses suplementos são imprescindíveis em situações adversas com a finalidade de manter a colônia saudável e executando suas atividades como também com o intuito de gerar rentabilidade aos apicultores, visto que essa prática pode aumentar a produtividade das abelhas e a produção de mel.

Apesar de estar claro que os suplementos mais eficientes são aqueles que se assemelham com o pólen e o néctar em valor nutricional, são necessárias maiores informações acerca da eficácia dos produtos em situações reais, assim como maior clareza em relação a qualidade, composição e condições de aplicação para produtos disponíveis no mercado.

## Referências

- Ares, A. M., Valverde, S., Bernal, J. L., Nozal, M. J., & Bernal, J. (2018). Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, *147*, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.08.009>
- Berenbaum, M. R., & Calla, B. (2021). Honey as a Functional Food for *Apis mellifera*. *Annual Review of Entomology*, *66*, 185–208.
- Black, J. (2006). Honeybee Nutrition. *Rural Industries Research and Development Corporation*, (06), 1–79.
- Bonoan, R. E., O'Connor, L. D., & Starks, P. T. (2018). Seasonality of honey bee (*Apis mellifera*) micronutrient supplementation and environmental limitation. *Journal of Insect Physiology*, *107*, 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2018.02.002>
- Brodschneider, R., & Crailsheim, K. (2010). Nutrition and health in honey bees. *Apidologie*.
- Camargo, R. C. R., Pereira, F. de M., & Lopes, M. T. do R. (2002). Produção de mel. *Sistemas de Produção* (p. 20). Teresina.
- Candy, D. J., Becker, A., & Wegener, G. (1997). Coordination and integration of metabolism in insect flight. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology*, *117*(4), 497–512.
- Casaca, J. D. (2010). Manual de produção de pólen e propolis. (F.-F. N. dos A. de Portugal, Org.).
- Catae, A. F., Roat, T. C., De Oliveira, R. A., Ferreira Nocelli, R. C., & Malaspina, O. (2014). Cytotoxic effects of thiamethoxam in the midgut and malpighian tubules of Africanized *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Microscopy Research and Technique*, *77*(4), 274–281.
- Corby-Harris, V., Meador, C. A. D., Snyder, L. A., Schwan, M. R., Maes, P., Jones, B. M., Walton, A., et al. (2016). 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*, *85*, 65–75. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2015.11.016>
- Crailsheim, K. (1988). Intestinal transport of sugars in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, *34*(9), 839–845.
- Değirmenci, L., Thamm, M., & Scheiner, R. (2018). Responses to sugar and sugar receptor gene expression in different social roles of the honeybee (*Apis mellifera*). *Journal of Insect Physiology*, *106*(May), 65–70.
- DeGrandi-Hoffman, G., Chen, Y., Huang, E., & Huang, M. H. (2010). The effect of diet on protein concentration, hypopharyngeal gland development and virus load in worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Journal of Insect Physiology*, *56*(9), 1184–1191. Elsevier Ltd.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2010.03.017>

- DeGrandi-Hoffman, G., Gage, S. L., Corby-Harris, V., Carroll, M., Chambers, M., Graham, H., Watkins deJong, E., et al. (2018). Connecting the nutrient composition of seasonal pollens with changing nutritional needs of honey bee (*Apis mellifera* L.) colonies. *Journal of Insect Physiology*, 109(July), 114–124.
- Dolezal, A. G., & Toth, A. L. (2018). Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 114–119. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.006>
- Fratini, F., Cilia, G., Mancini, S., & Felicioli, A. (2016). Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties. *Microbiological Research*, 192, 130–141. Elsevier GmbH. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.007>
- Friol, P. S., Catae, A. F., Tavares, D. A., Malaspina, O., & Roat, T. C. (2017). Can the exposure of *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apiadae) larvae to a field concentration of thiamethoxam affect newly emerged bees? *Chemosphere*, 185, 56–66.
- Gallo, D., Nakano, O., Neto, S., Carvalho, R.P.L., Baptista, G.C., Filho, E.B., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S. B., Vendramin, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.L., Omoto, C. (2002). *Entomologia Agrícola*. Piracicaba.
- Ghosh, S., Jung, C., & Meyer-Rochow, V. B. (2016). 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*, 19(2), 487–495. Korean Society of Applied Entomology, Taiwan Entomological Society and Malaysian Plant Protection Society. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2016.03.008>
- Giri, S., Rule, D. C., & Dillon, M. E. (2018). Fatty acid composition in native bees: Associations with thermal and feeding ecology. *Comparative Biochemistry and Physiology -Part A : Molecular and Integrative Physiology*, 218(February), 70–79. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2018.01.013>
- Gonçalves, W. G., Fernandes, K. M., Santana, W. C., Martins, G. F., Zanuncio, J. C., & Serrão, J. E. (2017). Post-embryonic changes in the hindgut of honeybee *Apis mellifera* workers: Morphology, cuticle deposition, apoptosis, and cell proliferation. *Developmental Biology*, 431(2), 194–204. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ydbio.2017.09.020>
- Höcherl, N., Siede, R., Illies, I., Gätschenberger, H., & Tautz, J. (2012). Evaluation of the nutritive value of maize for honey bees. *Journal of Insect Physiology*, 58(2), 278–285.
- Huang, Z. (2010). Honey bee nutrition. *American Bee Journal*, 150(8), 773–776.
- Ilyasov, R. A., Lee, M. Iyeol, Takahashi, J. ichi, Kwon, H. W., & Nikolenko, A. G. (2020). A revision of subspecies structure of western honey bee *Apis mellifera*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3615–3621. The Authors. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.001>
- Jara, L., Cepero, A., Garrido-Bailón, E., Martín-Hernández, R., Higes, M., & De la Rúa, P. (2012). Linking evolutionary lineage with parasite and pathogen prevalence in the Iberian honey bee. *Journal of Invertebrate Pathology*, 110(1), 8–13. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jip.2012.01.007>
- JR, R. E. P., & Peng, C. Y. S. (2001). Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. *Experimental Gerontology*, 38(1), 695–711.
- Kandolf Borovšak, A., Ogrinc, N., Lilek, N., & Korošec, M. (2017). Feeding honey-bee colonies (*Apis mellifera carnica* poll.) and detection of honey adulteration. *Acta Alimentaria*, 46(2), 127–136.
- Khan, K. A., Ghramh, H. A., & Ahmad, Z. (2022). Honey bee (*Apis mellifera jemenitica*) colony performance and queen fecundity in response to different nutritional practices. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(5), 3151–3156. The Author(s). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2022.01.056>
- Khan, S. U., Anjum, S. I., Rahman, K., Ansari, M. J., Khan, W. U., Kamal, S., Khattak, B., et al. (2018). Honey: Single food stuff comprises many drugs. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(2), 320–325. King Saud University. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.08.004>
- Kohsaka, R., Park, M. S., & Uchiyama, Y. (2017). Beekeeping and honey production in Japan and South Korea: past and present. *Journal of Ethnic Foods*, 4(2), 72–79. Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jef.2017.05.002>
- Krainer, S., Brodschneider, R., Vollmann, J., Crailsheim, K., & Riessberger-Gallé, U. (2016). Effect of hydroxymethylfurfural (HMF) on mortality of artificially reared honey bee larvae (*Apis mellifera carnica*). *Ecotoxicology*, 25(2), 320–328.
- Lamontagne-Drolet, M., Samson-Robert, O., Giovenazzo, P., & Fournier, V. (2019). The Impacts of Two Protein Supplements on Commercial Honey Bee (*Apis mellifera* L.) Colonies. *Journal of Apicultural Research*, 58(5), 800–813. Taylor & Francis. <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1644938>
- LeBlanc, B. W., Eggleston, G., Sammataro, D., Cornett, C., Dufault, R., Deeby, T., & Cyr, E. S. (2009). Formation of hydroxymethylfurfural in domestic high-fructose corn syrup and its toxicity to the honey bee (*Apis mellifera*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(16), 7369–7376.
- Lira, T. S. (2014). Suplemento proteico artesanal para abelhas africanizadas. *Gastronomía ecuatoriana y turismo local*, 1(69), 5–24.
- Luz, D. R., Waldren, G. C., & Melo, G. A. R. (2016). Bees as hosts of mutillid wasps in the Neotropical region (Hymenoptera, Apidae, Mutillidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 60(4), 302–307. Sociedade Brasileira de Entomologia. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2016.06.001>
- Manning, R., Rutkay, A., Eaton, L., & Dell, B. (2007). Lipid-enhanced pollen and lipid-reduced flour diets and their effect on the longevity of honey bees (*Apis mellifera* L.). *Australian Journal of Entomology*, 46(3), 251–257.
- Núñez-Torres, O. P., Almeida-Secaira, R. I., Rosero-Peñaherrera, M. A., & Lozada-Salcedo, E. E. (2017). Fortalecimiento del rendimiento de abejas (*Apis mellifera*) alimentadas con fuentes proteicas. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 95–103.
- de Oliveira, G. P., Kadri, S. M., Emilio Benaglia, B. G., Martins Ribolla, P. E., & Orsi, R. de O. (2020). Energetic supplementation for maintenance or development of *Apis mellifera* L. colonies. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 26(May 2020), 1–8.

- Omar, M., & Alkhazim, A. (2020). Impact of using pollen substitutes on performance of honey bee (*Apis mellifera* L.) Colonies under harsh environmental conditions, 236–256.
- Ostwald, M. M., Smith, M. L., & Seeley, T. D. (2016). The behavioral regulation of thirst, water collection and water storage in honey bee colonies. *Journal of Experimental Biology*, 219(14), 2156–2165.
- Paoli, P. P., Donley, D., Stabler, D., Saseendranath, A., Nicolson, S. W., Simpson, S. J., & Wright, G. A. (2014). Nutritional balance of essential amino acids and carbohydrates of the adult worker honeybee depends on age. *Amino Acids*, 46(6), 1449–1458.
- Paray, B. A., Kumari, I., Hajam, Y. A., Sharma, B., Kumar, R., Albeshr, M. F., Farah, M. A., et al. (2021). Honeybee nutrition and pollen substitutes: A review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(1), 1167–1176. The Author(s). <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.11.053>
- Peters, R. S., Krogmann, L., Mayer, C., Donath, A., Gunkel, S., Meusemann, K., Kozlov, A., et al. (2017). Evolutionary History of the Hymenoptera. *Current Biology*, 27(7), 1013–1018. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.01.027>
- Potrich, M., Silva, R. T. L. d., Maia, F. M. C., Lozano, E. R., Rossi, R. M., Colombo, F. C., Tedesco, F. G., et al. (2018). Effect of entomopathogens on Africanized *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 62(1), 23–28. Sociedade Brasileira de Entomologia. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rbe.2017.12.002>
- Ramos, J. M., & Carvalho, N. C. de. (2007). Estudo morfológico e biológico das fases de desenvolvimento de *Apis mellifera*. *Revista Científica Eletrônica De Engenharia Florestal*, 10(Vi), 21.
- Ricigliano, V. A., Fitz, W., Copeland, D. C., Mott, B. M., Maes, P., Floyd, A. S., Dockstader, A., et al. (2017). The impact of pollen consumption on honey bee (*Apis mellifera*) digestive physiology and carbohydrate metabolism. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 96(2), 1–14.
- Roy, R., Schmitt, A. J., Thomas, J. B., & Carter, C. J. (2017). Review: Nectar biology: From molecules to ecosystems. *Plant Science*, 262, 148–164. Elsevier Ireland Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plantsci.2017.04.012>
- Sammataro, D., & Weiss, M. (2013). Comparison of productivity of colonies of honey bees, *Apis mellifera*, supplemented with sucrose or high fructose corn syrup. *Journal of Insect Science*, 13(19), 1–13.
- Santos, D. E., Alberici, L. C., & Hartfelder, K. (2016). Mitochondrial structure and dynamics as critical factors in honey bee (*Apis mellifera* L.) caste development. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 73, 1–11. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibmb.2016.04.001>
- Se, K. W., Wahab, R. A., Syed Yaacob, S. N., & Ghoshal, S. K. (2019). Detection techniques for adulterants in honey: Challenges and recent trends. *Journal of Food Composition and Analysis*, 80(April), 16–32.
- Sereia, M. J., & de Toledo, V. de A. A. (2013). Quality of royal jelly produced by Africanized honeybees fed a supplemented diet. *Food Science and Technology*, 33(2), 304–309.
- Shi, J. liang, Liao, C. hua, Wang, Z. long, & Wu, X. bo. (2018). Effect of royal jelly on longevity and memory-related traits of *Apis mellifera* workers. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(4), 1430–1433. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.11.003>
- Somerville, D. (2005). Fat bees skinny bees: a manual on honey bee nutrition for beekeepers.
- STAROSTA, P. P. (2007). Starosta photographe naturaliste. <http://www.paulstarosta.com/>
- Steinhauer, N., Kulhanek, K., Antúnez, K., Human, H., Chantawannakul, P., Chauzat, M. P., & vanEngelsdorp, D. (2018). Drivers of colony losses. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 142–148. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2018.02.004>
- Thakur, M., & Nanda, V. (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 98(February), 82–106.
- Tsuruda, J. M., Chakrabarti, P., & Sagili, R. R. (2021). Honey Bee Nutrition. *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 37(3), 505–519. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2021.06.006>
- Ullah, A., Shahzad, M. F., Iqbal, J., & Baloch, M. S. (2021). Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera* L. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 6861–6868. The Authors. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.07.067>
- Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Grozinger, C. M., & Patch, H. M. (2015). Bee nutrition and floral resource restoration. *Current Opinion in Insect Science*, 10, 133–141. Elsevier Inc. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cois.2015.05.008>
- Villar, G., & Grozinger, C. M. (2017). Primer effects of the honeybee, *Apis mellifera*, queen pheromone 9-ODA on drones. *Animal Behaviour*, 127, 271–279. Elsevier Ltd. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2017.03.023>
- Wang, Y., Ma, L. T., & Xu, B. H. (2015). Diversity in life history of queen and worker honey bees, *Apis mellifera* L. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 18(2), 145–149. Korean Society of Applied Entomology, Taiwan Entomological Society and Malaysian Plant Protection Society. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aspen.2014.11.005>