



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA



RODRIGO ALEF DOS SANTOS COSTA

**COMPOSTOS PRODUZIDOS POR ABELHAS, POTENCIAL TECNOLÓGICO E
APLICAÇÕES INDUSTRIAIS**

UBERLÂNDIA 2025

RODRIGO ALEF DOS SANTOS COSTA

**COMPOSTOS PRODUZIDOS POR ABELHAS, POTENCIAL TECNOLÓGICO E
APLICAÇÕES INDUSTRIAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Química**

**Orientador: Prof. Dr. Danylo de Oliveira
Silva.**

UBERLÂNDIA 2025

RODRIGO ALEF DOS SANTOS COSTA

**COMPOSTOS PRODUZIDOS POR ABELHAS, POTENCIAL TECNOLÓGICO E
APLICAÇÕES INDUSTRIAIS**

**Trabalho de Conclusão de Curso da
Universidade Federal de Uberlândia como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Química**

**Orientador: Prof. Dr. Danylo de Oliveira
Silva.**

Uberlândia, 17 de setembro de 2025

Banca Examinadora:

Dr. Danylo de Oliveira Silva –**FEQUI/UFU**

Dr.^a Marieli de Lima –**FEQUI/UFU**

M.e Adrielle Aparecida Paulista Ribeiro – **Doutoranda PPGEQ FEQUI/UFU**

Dedico este trabalho a minha esposa, pais, e
filhos pelo estímulo, carinho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me manter de pé mesmo quando as circunstâncias não foram as melhores, e porque me suportou até aqui.

Agradeço à minha namorada e esposa Laura, que durante todo curso lutou ao meu lado na batalha, nunca me deixando esquecer do meu sonho e fazendo com que ele se tornasse nosso.

À minha filha, Maria Isabelli, que traz felicidade e motivação para o nosso lar. Ao meu pai, Lindembergue, que me ensinou muitos princípios que são a base do meu caráter. À minha mãe, Claudiana, que me deu a melhor educação possível e me fez forte para lutar batalhas que vivemos.

Aos meus irmãos, Alysson e Júnior que sempre estiveram na torcida e me apoiaram sempre que necessário; cunhados, Leandro, Fabiano, Bruna e meu sogro Valdeck e sogra Divina, que me suportaram nos momentos de necessidade, suprindo minha falta quando não pude estar presente.

Agradeço aos irmãos da Igreja Batista Liberdade que intercederam por mim no trajeto até aqui.

Ao meu orientador Prof. Dr. Danylo que me auxiliou durante o processo de escrita desse trabalho. Aos meus professores que repassaram com brilho nos olhos o conhecimento que têm sobre a vida e a formação profissional. À coordenação do curso de Engenharia Química e todos os coordenadores que passaram por ali durante minha formação: Prof. Rubens, Prof.^a Érika e Prof.^a Yanne e ao Técnico Administrativo Edmilson que me auxiliou nas minhas demandas e me deu conselhos em momentos de pouca esperança.

A todos os colegas de curso que me auxiliaram com minhas dúvidas e durante os trabalhos em grupo e assim aprendemos juntos os fundamentos da Engenharia Química.

“Até aqui nos ajudou o SENHOR.”

(1 Samuel 7:12)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo ampliar o entendimento sobre a produção, composição e qualidade dos produtos das abelhas (PBA) – incluindo mel, própolis, cera, pólen, geleia real e apitoxina – com enfoque na diferenciação de cada componente e suas aplicações industriais. A abordagem foi realizada por meio de revisão bibliográfica em bases acadêmicas reconhecidas como: CAPES, *Web of Science*, MDPI e *Google Scholar*, visando contribuir para a compreensão das propriedades químicas, funcionais e bioativas desses compostos. O contexto atual evidencia a expansão do mercado de mel e derivados, impulsionada pela busca por alternativas naturais e sustentáveis em resposta à redução do consumo de produtos industrializados. A diversidade dos PBA está diretamente relacionada às condições ambientais, como flora, clima e território, que influenciam suas características químicas e princípios ativos. Os potenciais tecnológicos e aplicações industriais incluem: formulação de novos fármacos com melitina para combate à doença de Chagas (*Trypanosoma cruzi*) e diversos tipos de câncer por meio de mecanismos seletivos; uso da própolis no desenvolvimento de curativos bioativos para tratamento de queimaduras; produção de alimentos funcionais com pólen, aumentando a estabilidade antioxidante desses compostos; utilização do mel de Manuka na elaboração de cosméticos e oleogéis estruturados; e emprego da cera na confecção de embalagens biodegradáveis e sustentáveis. Além disso, os PBA apresentam aplicações promissoras na agricultura, reforçando seu papel como insumos estratégicos para inovação e bioeconomia. Conclui-se que o Brasil, com produção em expansão, consolida-se como país competitivo global, especialmente pelo potencial de inovação e diversidade de seus produtos, sendo os PBA não apenas uma alternativa saudável, mas também um vetor de crescimento econômico, ampliando perspectivas de desenvolvimento em alimentos, fármacos, cosméticos e embalagens sustentáveis.

Palavras-chave: apitoxina; indústrias; câncer; bioativos.

ABSTRACT

This study aims to expand the understanding of the production, composition, and quality of bee products (BP) – including honey, propolis, wax, pollen, royal jelly, and apitoxin – with a focus on differentiating each component and their industrial applications. The approach was carried out through a literature review in recognized academic databases such as: CAPES, *Web of Science*, MDPI and *Google Scholar*, aiming to contribute to the understanding of the chemical, functional, and bioactive properties of these compounds. The current context highlights the expansion of the honey and derivatives market, driven by the demand for natural and sustainable alternatives in response to the reduced consumption of industrialized products. The diversity of BP is directly related to environmental conditions, such as flora, climate, and territory, which influence their chemical characteristics and active principles. The technological potentials and industrial applications include: formulation of new drugs with melittin for the treatment of Chagas disease (*Trypanosoma cruzi*) and various types of cancer through selective mechanisms; use of propolis in the development of bioactive dressings for burn treatment; production of functional foods with pollen, enhancing the antioxidant stability of these compounds; utilization of Manuka honey in the development of cosmetics and structured oleogels; and the use of wax in the production of biodegradable and sustainable packaging. Furthermore, BP show promising applications in agriculture, reinforcing their role as strategic inputs for innovation and bioeconomy. It is concluded that Brazil, with its expanding production, consolidates itself as a globally competitive country, particularly due to the innovation potential and diversity of its products, with BP being not only a healthy alternative but also a driver of economic growth, expanding development prospects in food, pharmaceuticals, cosmetics, and sustainable packaging.

Keywords: apitoxin; industries; cancer; bioactive compounds.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute

PBA - Produtos das Abelhas

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura)

OMS - Organização Mundial da Saúde (World Health Organization – **WHO**)

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária

CAGR - Taxa de Crescimento Anual Composta (Compound Annual Growth Rate)

IHC - Comissão Internacional do Mel (International Honey Commission)

RIISPOA - Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal

DIPOA - Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal

SIF - Serviço de Inspeção Federal

SDA - Secretaria de Defesa Agropecuária

HIV - Vírus da imunodeficiência humana

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

GMI - Global Market Insights

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
2	METODOLOGIA.....	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Mercado Internacional e Brasileiro	14
3.2	Classificação taxonômica	18
3.3	Função social e ciclo de vida das abelhas.....	19
3.4	Diferenças e similaridades entre <i>Apis mellifera</i> e abelhas sem ferrão	20
3.5	Formação e beneficiamento dos compostos a partir das abelhas, composição e propriedades	22
3.5.1	Mel.....	22
3.5.2	Própolis	23
3.5.3	Cera	24
3.5.4	Pólen.....	26
3.5.5	Geleia Real.....	27
3.5.6	Apitoxina	28
3.6	Legislação para o de controle de qualidade	31
4	POTENCIAL TECNOLÓGICO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS.....	32
4.1	Área médica.....	33
4.2	Indústria de Alimentos	34
4.3	Indústria de Cosméticos	36
4.4	Indústria Farmacêutica.....	38
4.5	Indústria Química e Outros	39
5	CONCLUSÃO.....	43
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Segundo Nunes (2020), o mel já é utilizado pelos seres humanos há 8000 anos, sendo que os antigos Egípcios, Assírios, Chineses, Gregos e Romanos recorriam ao mel para tratamento de feridas e doenças gastrointestinais. Foram encontrados em textos de papiros de Edwin Smith, colecionador de antiguidades, que no Egito Antigo em cerca de 1600 a.C. o mel era usado como pomada para tratamento de feridas e era feito por uma mistura de gordura, mel e linho. Hipócrates (460 a.C. a 370 a.C.), chamado de “Pai da Medicina” fazia uso do mel para tratamento de calvície, contracepção, cicatrização de feridas, ação laxativa, tosse, dor de garganta, doenças oculares, antisepsia tópica e prevenção de cicatrizes em seu tempo. Na medicina islâmica, o mel é considerado uma bebida saudável e útil como medicamento, sendo citado no Alcorão, e Maomé aconselhava o uso do mel para o tratamento de diarreia (Nunes, 2020). Enquanto os primeiros registros da utilização da própolis pelo homem remontam também Egito ao antigo (1700 a.C.; “cera negra”) era utilizada como um dos materiais para embalsamar os mortos (Castaldo *et al.*, 2002).

Sobre o cenário atual de produção e consumo do mel, a China é a maior produtora com 24% segundo dados da Global Market Insights (GMI) de 2023, com produção acima das 460000 t por ano, porém produzem um mel, com menor qualidade, demandando assim de outros países, como a Turquia (2^a posição – acima de 110000 t) méis de maior valor agregado (Vidal, 2021) e maior qualidade. A Nova Zelândia apesar de não estar entre os 10 maiores, é detentora de um produto dos mais valorizados do mundo produzindo o mel de Manuka é um tipo especial produzido a partir do néctar das flores da árvore *Leptospermum scoparium* que possui um composto antibacteriano chamado metilgioxal (MGO) (Martinotti *et al.*, 2018). No cenário nacional o Brasil ocupa a oitava posição mundial produzindo acima de 60000 t, sendo que mais de 70% são produzidos pelas regiões Nordeste e Sul (25624 e 21833 t respectivamente) segundo dados do IBGE de 2023. É necessário salientar que na produção Brasileira é considerado tanto o mel de Abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) quanto o de abelhas sem ferrão (do gênero *Melipona* sp.) chamado de meliponicultura (Rosa *et al.*, 2024), porém ainda não existe legislação nacional que aborde sobre esse tema, alguns estados como São Paulo e Bahia já avançaram e possuem normativas técnicas que diferenciam esses méis e quanto a características e qualidade.

Os principais compostos produzidos por abelhas são: o mel, própolis, cera, pólen, geleia real e seu veneno segundo o decreto nº 9.013/2017 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal - RIISPOA. O raio de voo de uma abelha *Apis*

mellifera abrange cerca de 4-5 km em torno da colmeia, de onde abelhas campeiras coletam pólen e néctar para alimentação, bem como resina para a própolis. Dentre todos esses, o mel é o composto em maior quantidade e é principalmente dele que os apicultores tiram sua fonte de renda. Porém todos os outros têm relevante importância na produção apícola e têm diversas aplicações em áreas ligadas à produção de: cosméticos, fármacos, químicos, médica e alimentícia (Milani, 2021).

O mel é um composto viscoso, aromático e açucarado obtido a partir do néctar das flores, que as abelhas produzem. A mistura do néctar com enzimas digestivas das abelhas (além da retirada da água nesse processo), é o que transforma o néctar em mel, cuja principal enzima envolvida nesse processo é a invertase que quebra a sacarose em glicose e frutose (Camargo *et al.*, 2006). Dentre suas aplicações principais, além de ser utilizado como alimento, existem estudos que verificam a utilização do mel como cicatrizante de feridas, úlceras e cortes cirúrgicos e/ou misturado com a própolis no tratamento da tosse irritativa aguda associada ao Bromelin (Martinotti *et al.*, 2018; Peixoto *et al.*, 2016).

A própolis é uma resina obtida a partir de plantas, considerada um antibiótico natural, é constituída de, aproximadamente, 50-60% de resinas e bálsamos aromáticos, 30-40% de ceras, 5-10% de óleos essenciais e até 5% de outras substâncias. Estão presentes ainda, microelementos como alumínio, cálcio, estrôncio, ferro, cobre, manganês, magnésio, silício, titânio, bromo, zinco e vitaminas B1, B2, B6, C e E. A composição química da própolis varia de acordo com a sazonalidade regional, dos tipos de flores presentes nas redondezas do apiário conforme apontam estudos (Ghisalberti *et al.*, 1979; Castro *et al.*, 2007). Já foram identificados mais de 200 componentes ativos na própolis. A composição de uma própolis é determinada principalmente pelas características fitogeográficas existentes ao redor da colmeia. Entretanto, a composição da própolis também varia sazonalmente em uma mesma localidade a depender da época do ano em que as resinas são coletadas (Sforcin *et al.*, 2017). Na colônia o principal uso da própolis é na cobertura interna da colmeia, agindo com propriedades antissépticas e antimicrobianas, como coberturas de carcaças de animais que são grandes para serem retiradas da colmeia sendo mumificadas com esse composto (Salatino *et al.*, 2005).

A cera tem propriedades antigermicidas, antialérgicas e anti-inflamatórias que auxiliam no tratamento de alergias, irritação, cortes, feridas, escoriações e arranhões, além de outros problemas na pele, como eczema e rosácea. Se mascada pura, ela pode auxiliar na eliminação do tártaro dentário. Na indústria de cosméticos, a cera de abelha é matéria-prima para a fabricação de cremes e máscaras faciais, além de maquiagens, como batons. Uma das maiores vantagens do uso da cera de abelha como cosmético é o elevado poder de hidratação da pele e

redução da oleosidade. Além disso, ela remove as células mortas da pele, pois é um excelente esfoliante natural. Quanto à comercialização, a cera pode ser vendida em diversas formas, como cera bruta, para diversos usos, como cera alveolada, direto para apicultores, para o manejo das colmeias, branqueada ou colorida, para uso na indústria farmacêutica, de cosméticos ou odontológica (Oliveira, 2025).

Assim como o mel e a própolis, o pólen de abelha é um apiterápico que contém cerca de 250 substâncias, incluindo açúcares (frutose e glicose), proteínas, minerais, vitaminas, lipídios e flavonoides (Costa *et al.*, 2017). No entanto, como já indicado anteriormente, sua composição química também depende da região de coleta, do clima e da estação do ano. No pólen os bioelementos estão na fração de cerca de 1,6%, incluindo macronutrientes (cálcio, magnésio, fósforo, potássio e sódio) e micronutrientes (ferro, cobre, zinco, manganês, silício e selênio). Sendo que todos os elementos citados são importantes para a dieta humana, se consumidos sem excesso, pois alguns deles podem ser tóxicos. Na colmeia o principal uso do pólen está na nutrição das abelhas pois é fonte primordial de proteína, e somado ao néctar, está associado à produção da geleia real além de auxiliar na reprodução das plantas pois ao transportar o pólen pelas flores a polinização acontece e os frutos são produzidos. O pólen pode ser utilizado como complemento na alimentação humana, pois possui em sua composição minerais que dificilmente são consumidos diariamente. O estudo de Costa *et al.* (2019), enfatiza que o pólen brasileiro é uma ótima fonte de Zinco e Fósforo (16,7% e 17,2% respectivamente), ao mencionar que a Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998 da ANVISA, considera um alimento rico em zinco e fósforo quando este possui pelo menos 15% do índice de ingestão diária recomendada (IDR).

A geleia real é uma secreção bioativa produzida pelas glândulas hipofaringeanas e mandibulares das abelhas nutrizes (Yu *et al.*, 2023; Saricaoglu *et al.*, 2019). As abelhas nutrizes são operárias jovens, geralmente entre 3 e 12 dias de idade, responsáveis por alimentar a rainha, as larvas da colmeia, e as futuras rainhas. Esta substância é rica em proteínas (9–18%), carboidratos (7–18%), lipídios (3–8%) e diversos compostos bioativos (2–5%), incluindo vitaminas, minerais e compostos fenólicos (Bălan *et al.*, 2020). Os componentes proteicos da geleia real incluem nove proteínas principais (MRJP1–MRJP9), que representam cerca de 82–90% do conteúdo total de proteínas. Elas são fundamentais para o desenvolvimento das rainhas e apresentam potenciais benefícios à saúde humana (Etges *et al.*, 2015). Devido à sua diversidade de compostos bioativos, a geleia real apresenta uma ampla gama de bioatividades, incluindo propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-hiperglicêmicas, antiobesidade e de modulação da microbiota intestinal (Giampieri *et al.*, 2022).

A melitina é o principal componente do veneno das abelhas (apitoxina), representando cerca de 50-60% de sua composição. É conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e anticancerígenas. Estudos recentes buscam a aplicação tanto no tratamento de tumores cancerígenos quanto no tratamento do HIV (Dariva *et al.*, 2019).

Conforme exposto, existe atualmente evidência científica da utilidade dos compostos produzidos por abelhas no tratamento de feridas, como agente antimicrobiano, antibacteriano, agente nutricional, na indústria cosmética e como acelerador na cicatrização. Novas tecnologias de aplicação de todos eles têm sido desenvolvidas com sucesso. Da mesma forma que é possível fracionar e purificar cada substância vinda do petróleo, em suas devidas proporções, os compostos produzidos por abelhas têm uma imensa área de atuação, visto que cada composto é subdividido em diversos outros componentes. Ao estudar esses compostos é possível estabelecer um panorama amplo que serve como base para compreender a importância deles, os desafios enfrentados na produção, separação, purificação e garantir sua melhor aplicação.

Diante do cenário apresentado, o objetivo geral deste trabalho é realizar o levantamento bibliográfico sobre os principais compostos produzidos por abelhas (PBA) e descrever as suas características tecnológicas para aplicação na indústria. Como objetivos específicos, têm-se:

- verificar a situação atual de obtenção e beneficiamento dos compostos no Brasil;
- apresentar a composição e propriedades de alguns compostos, relacionar seus aspectos relevantes e seu potencial;
- apurar as exigências da legislação vigente com relação à qualidade de cada um deles;
- demonstrar as aplicações dos compostos nos diferentes setores da indústria (farmacêutica, de cosméticos, área médica, química e/ou de alimentos).

2 METODOLOGIA

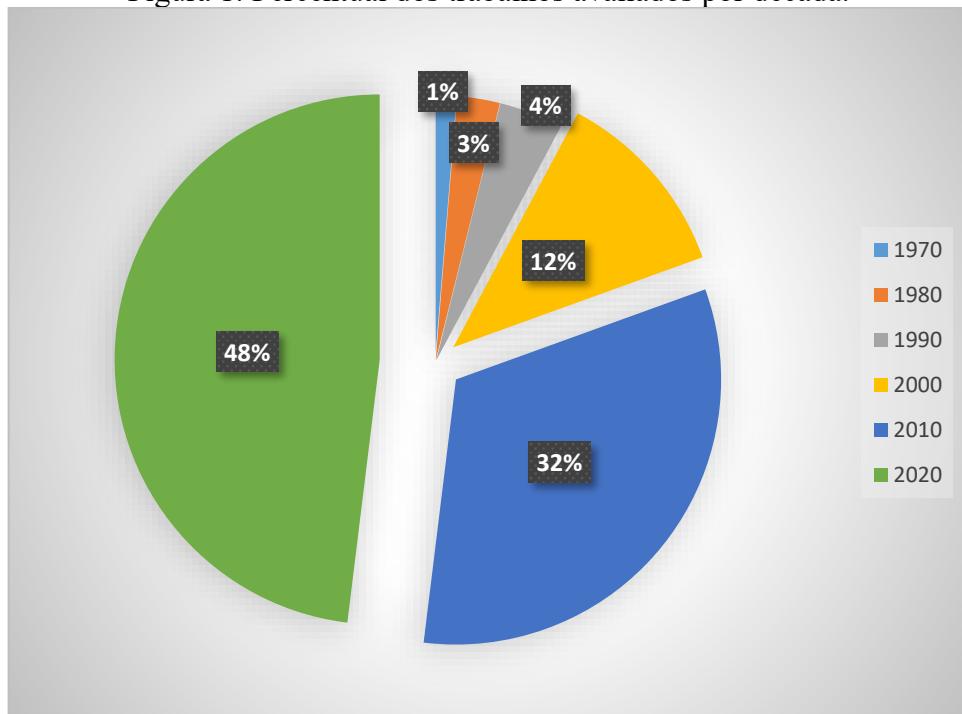
Para alcançar os objetivos propostos, realizou-se uma revisão de literatura em bases de dados acadêmicas reconhecidas, como CAPES, Web of Science, MDPI e Google Scholar, com o propósito de compreender a utilidade e as aplicações do mel, própolis, cera, pólen, geleia real e apitoxina. Foram selecionados exclusivamente artigos científicos, trabalhos acadêmicos e relatórios técnicos que apresentassem aplicações tecnológicas, usos industriais ou potenciais de inovação relacionados aos Produtos das Abelhas (PBA), abrangendo setores como o farmacêutico, alimentício, cosmético, médico, químico e agrícola. Excluíram-se da análise os estudos que tratavam apenas de aspectos biológicos básicos, análises ecológicas ou que não apresentassem relação direta com a aplicação tecnológica dos PBA, assegurando a relevância

das referências utilizadas em consonância com os objetivos da pesquisa. Como descriptores principais foram empregados os termos apitoxina; indústrias; câncer; bioativos, além de outras palavras-chave relacionadas, como: produtos das abelhas; aplicações industriais; inovação tecnológica; própolis; mel; geleia real; pólen; cera de abelha, permitindo a construção de uma base sólida para a discussão do potencial tecnológico, da legislação aplicável e das perspectivas industriais desses compostos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção são apresentados os principais resultados encontrados no estudo. Ao todo, foram utilizadas 77 referências, pesquisadas desde a década de 1970 até 2025, ano de apresentação deste trabalho. Dentre os trabalhos pesquisados, observa-se na Figura 1 a porcentagem conforme a década.

Figura 1: Percentual dos trabalhos avaliados por década.



Fonte: Autoria própria (2025).

O gráfico evidencia um aumento expressivo no número de estudos sobre produtos das abelhas (PBA) a partir dos anos 2000, com destaque para as décadas de 2010 e 2020, que concentram 90% das pesquisas analisadas. Esse crescimento demonstra a consolidação dos PBA como tema de interesse científico e tecnológico, refletindo tanto os avanços nas técnicas de análise quanto a valorização de insumos naturais e sustentáveis. Assim, verifica-se que os

produtos apícolas passaram de estudos iniciais com foco biológico para aplicações mais amplas em áreas como a indústria farmacêutica, alimentícia, cosmética e agrícola, reforçando seu papel estratégico para inovação e bioeconomia.

3.1 Mercado Internacional e Brasileiro

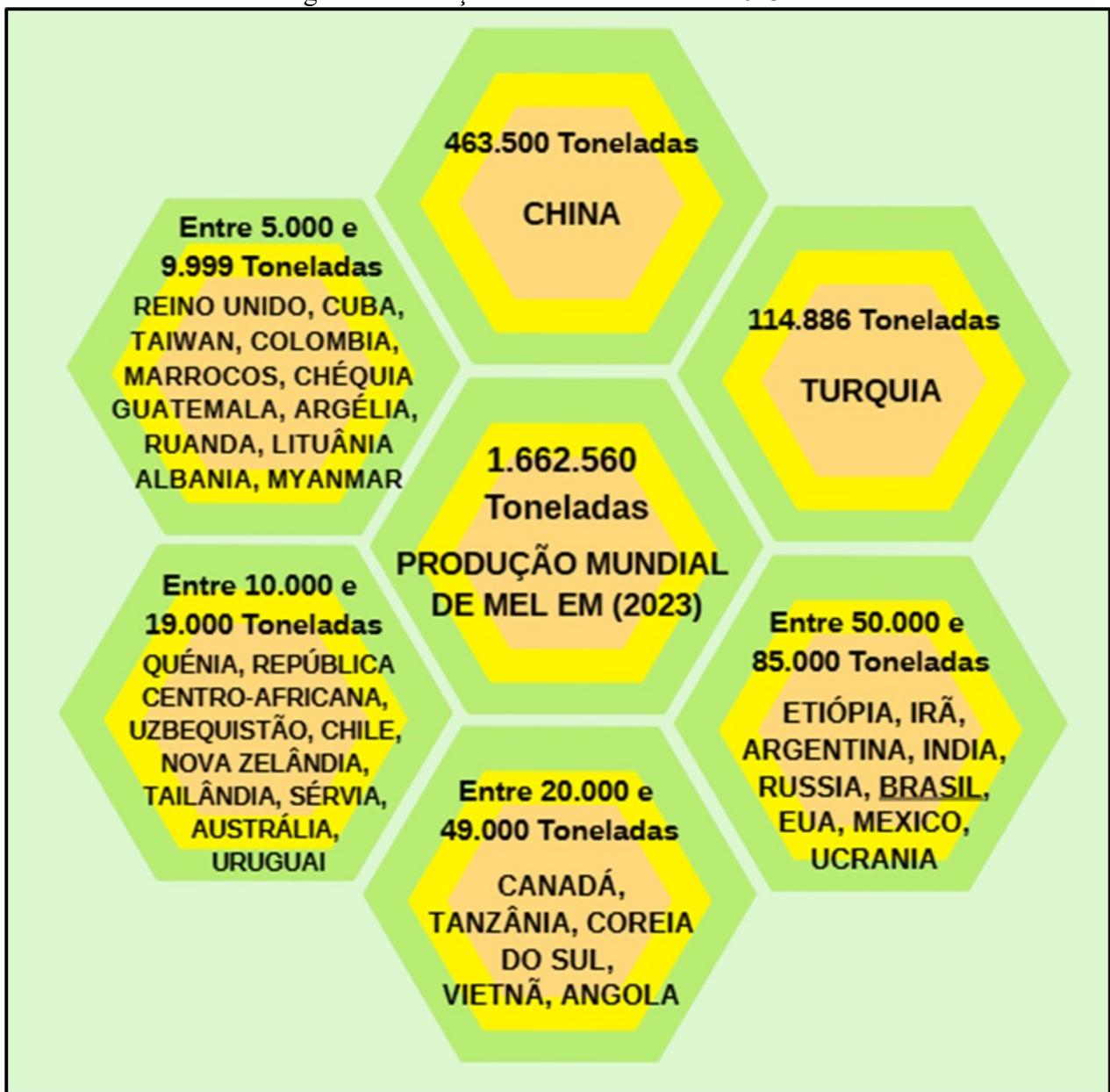
O Mercado global de mel é avaliado em cerca de US\$ 9,2 bilhões, segundo Pulidindi e Ahuja (2025) e a previsão CAGR (Taxa de Crescimento Anual Composta) é de 4,7% até 2034 com valor estimado de US\$ 14,8 bilhões, impulsionado pela busca por adoçantes naturais, frente à queda no consumo dos industrializados. Este cenário favorece o mel cru, pois em países com alto índice de obesidade e diabetes, o mel cru pode representar uma alternativa com desempenho glicêmico relativamente mais favorável que o açúcar refinado em certas aplicações, especialmente quando usado em pequenas quantidades ou em produtos formulados. Isso porque o mel possui índice glicêmico geralmente menor, contém compostos bioativos como antioxidantes, além de minerais, que contribuem para efeitos benéficos além da doçura pura. Em alimentos processados, como molhos, barrinhas ou produtos de panificação, substituir parte da sacarose por mel pode reduzir o impacto glicêmico, apesar de ainda requerer controle rigoroso para pessoas com diabetes (Rana *et al.*, 2012). Além do mel, essa demanda por produtos naturais impulsiona o mercado dos demais compostos produzidos por abelhas – PBA (produtos das abelhas). Com a maior conscientização sobre saúde, os PBA ganham espaço como insumos para as indústrias farmacêutica, alimentícia e cosmética. Em países com alto índice de obesidade e diabetes,

Diante da crescente demanda mundial por mel, países emergentes da Ásia-Pacífico e da América Latina têm ampliado sua produção, favorecidos pelo clima e pelo interesse em atender os mercados dos Estados Unidos e da Europa. Atualmente, mais de 70% da produção mundial de mel está concentrada em apenas dez países: China, Turquia, Etiópia, Irã, Argentina, Índia, Rússia, Brasil, Estados Unidos e México. A China ocupa a primeira posição mundial na produção de mel, com capacidade mais de quatro vezes superior à da Turquia, segundo país no ranking. O Brasil aparece na oitava posição e, nos últimos dez anos, praticamente dobrou sua produção, passando de pouco mais de 35000 t em 2013 para cerca de 64000 t em 2023, um crescimento aproximado de 81% em relação à década anterior.

Na Figura 2 apresenta-se o panorama da participação dos principais países produtores de mel em 2023, segundo dados da Food and Agriculture Organization of the United Nations -

FAO, permitindo visualizar a capacidade produtiva de cada nação e sua receita proveniente do comércio do mel.

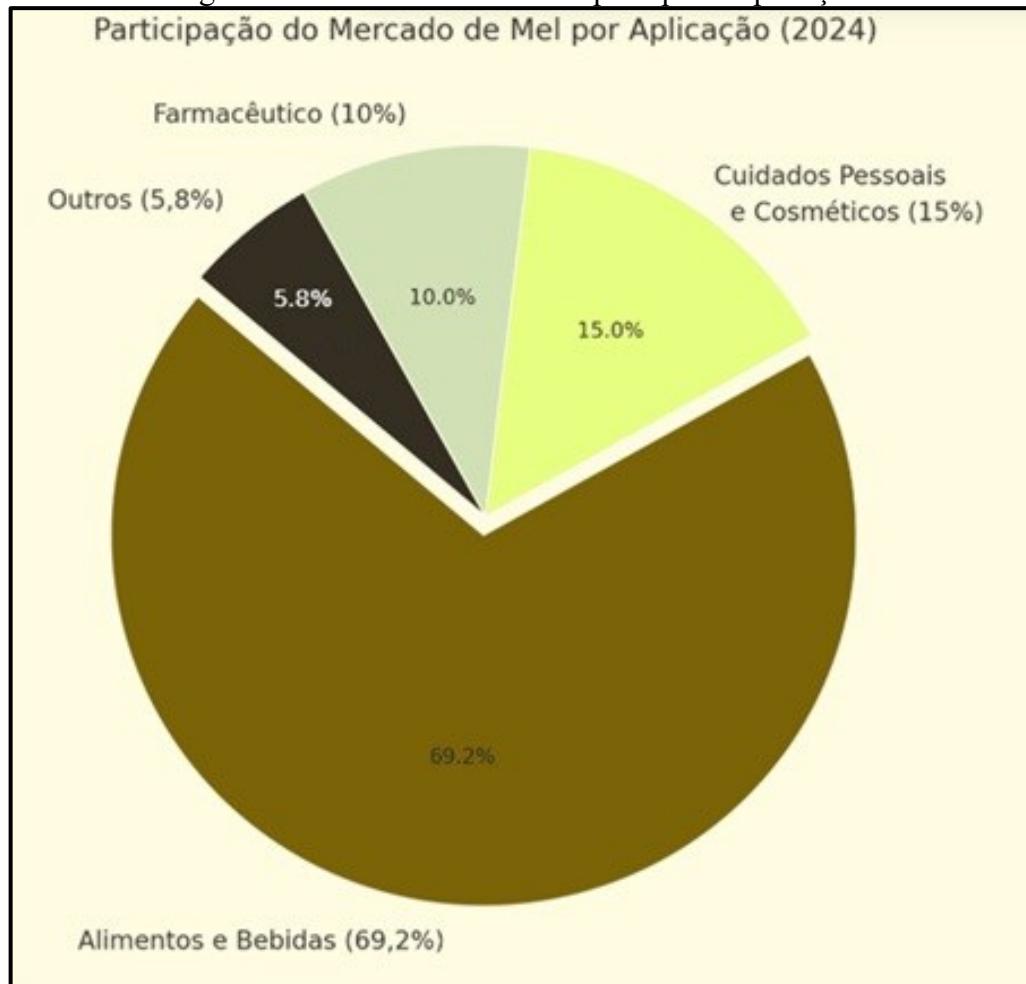
Figura 2: Produção mundial do mel em 2023.



Fonte: Adaptada de FAO (2023).

Já na Figura 3 evidencia-se a utilização do mel em diferentes aplicações industriais, destacando não apenas a indústria de alimentos, mas também a de bebidas, com ênfase na produção de fermentados como o hidromel.

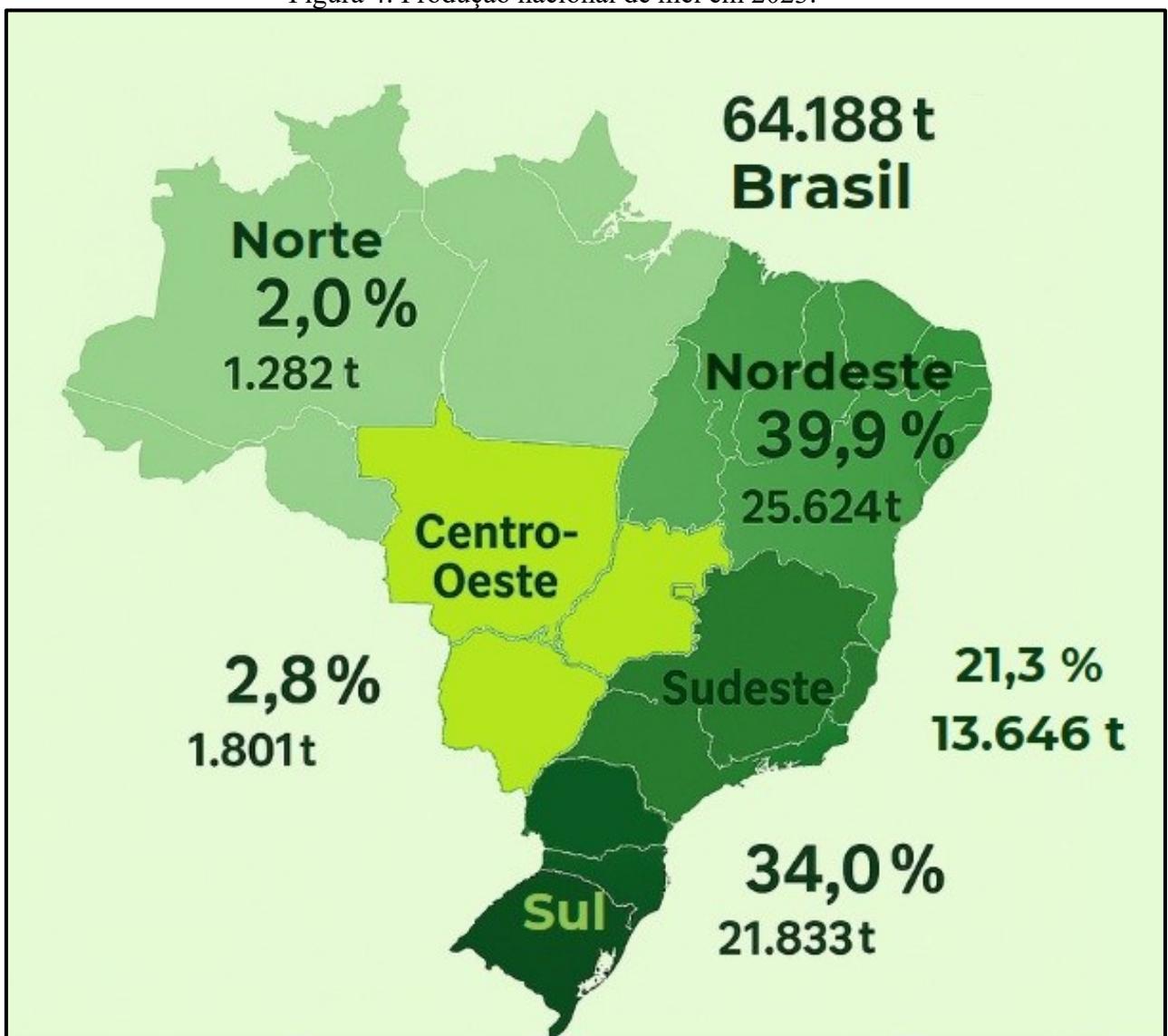
Figura 3: Divisão do uso do mel por tipo de aplicação.



Fonte: Pulidindi e Ahuja (2025).

No Brasil, a análise regional da produção mostra que a região Nordeste teve o maior crescimento relativo no período, passando de 21,3% da produção nacional em 2013 (7530 t) para 39,9% em 2023 (25624 t), mais que triplicando sua oferta. A região Sul, por sua vez, que liderava a produção há dez anos com 50,1% (17740 t), manteve aumento absoluto para 21833 t em 2023, embora sua participação relativa tenha caído para 34% do total nacional (Vidal, 2021) como observa-se na Figura 4 da Produção nacional de mel em 2023.

Figura 4: Produção nacional de mel em 2023.



Fonte: Adaptado de IBGE (2023).

3.2 Classificação taxonômica

A abelha europeia (*Apis mellifera*), uma das espécies mais estudadas e utilizadas na apicultura mundial, pertence ao Reino Animalia, pois é um organismo multicelular e heterotrófico. Está incluída no maior dos Filos o Arthropoda caracterizado por animais com exoesqueleto, corpo segmentado e apêndices articulados. Dentro desse filo, ela é classificada na Classe Insecta, que agrupa os insetos. A Ordem à qual pertence é a Hymenoptera, que compreende abelhas, vespas e formigas — organismos com dois pares de asas membranosas e comportamento social. A família na qual se enquadra é a Apidae, que engloba as abelhas sociais e solitárias. E dentro dessa família, encontra-se o Gênero *Apis*, que abrange as abelhas produtoras de mel chegando na espécie que é a *Apis mellifera* (ITIS, 2025).

Por outro lado, as abelhas sem ferrão pertencem ao mesmo Reino, Filo, Classe e Ordem, sendo diferenciada a nível de tribo e gênero: essas abelhas pertencem à Família Apidae, Tribo Meliponini, que reúne todas as espécies de abelhas verdadeiras sem ferrão. Dentro da tribo, há diversos gêneros, como *Melipona*, *Scaptotrigona*, *Tetragonisca*, entre outros conforme dados retirados do ITIS (Sistema Integrado de Informação Taxonômica) do governo dos Estados Unidos em 2025. Visualiza-se na Figura 5A a abelha *Apis mellifera* e na 5B abelha sem ferrão da Tribo Meliponini *Scaptotrigona spp.*

Figura 5A- *Apis mellifera*; 5B - *Scaptotrigona spp.*



Fonte: Autoria própria (2025).

3.3 Função social e ciclo de vida das abelhas

Insetos sociais, como as abelhas, formigas e cupins, são caracterizados por três traços essenciais que definem sua organização coletiva. O primeiro é a divisão de trabalho reprodutivo, em que apenas uma casta – geralmente a rainha – é responsável pela reprodução, enquanto as operárias, que são estéreis, desempenham todas as demais funções da colônia, como coleta de alimento, defesa, limpeza e cuidado com a prole. O segundo aspecto é o cuidado parental cooperativo, em que os indivíduos mais velhos cuidam dos filhotes da colônia, alimentando e protegendo as larvas e pupas. Por fim, há a sobreposição de gerações, ou seja, convivem na mesma colônia indivíduos de diferentes idades e gerações, o que permite a transmissão contínua de cuidados e tarefas. Essas três características são fundamentais para definir a eusocialidade, o grau mais elevado de organização social entre os insetos (Kerr, 1997).

As operárias têm uma expectativa média de vida de cerca de 45 dias, podendo chegar a até cinco meses em climas muito frios. Após emergir do alvéolo, ao longo de sua vida, todas as abelhas irão desempenhar todas as funções. No Quadro 1 exemplifica-se o que as abelhas fazem em cada fase da sua vida.

Quadro 1: Faixa etária e função das abelhas na colmeia.

Faixa Etária (dias)	Função Principal	Descrição
1 a 3	Limpeza e cuidados da colmeia - Faxineiras	Limpeza das células e preparação da colmeia
4 a 10	Alimentação das larvas - Nutrizes	Produção e fornecimento de geleia real para larvas
11 a 18	Construção e manutenção - Operárias construtoras	Construção de favos, reparos e armazenamento de néctar e pólen
19 a 21	Defesa e regulação da colônia - Guardas	Proteção contra invasores e controle da temperatura
22 a ~45	Forrageamento externo - Campeiras	Coleta de néctar, pólen, água e própolis fora da colmeia

Fonte: Rodriguez (2022).

Os machos, por sua vez, são expulsos da colônia por volta dos 10 dias de idade e sobrevivem cerca de três semanas no ambiente externo; caso encontrem uma rainha, morrem logo após a cópula. Enquanto as rainhas podem viver entre dois e quatro anos, dependendo principalmente do seu desempenho na postura de ovos cerca de 1.500 a 2.000 ovos/dia para as *Apis mellifera* e 50 a 300 ovos/dia para as sem ferrão (Remolina, 2008).

3.4 Diferenças e similaridades entre *Apis mellifera* e abelhas sem ferrão

Existem diferenças entre as abelhas europeias (*Apis mellifera*) e abelhas sem ferrão (as quais existem mais de 350 espécies catalogadas). A principal diferença é o ferrão – atrofiado nas abelhas sem ferrão - logicamente, mas também as estruturas das colmeias também têm diferenças na forma como são montadas, no Quadro 2. **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentadas as principais diferenças e similaridades entre elas.

Quadro 2: Diferenças e similaridades entre *Apis mellifera* e Meliponini.

Critério	<i>Apis mellifera</i> (europeia)	Abelhas sem ferrão (<i>Melipona</i> sp.)
Estrutura da colmeia	Favos hexagonais, operculados	Potes de mel + discos de cria empilhados
Diversidade de espécies	Uma principal (<i>Apis mellifera</i>)	Mais de 350 espécies catalogadas no Brasil
Comportamento defensivo	Mais agressivas com uso de ferrão	Mais dóceis e facilmente manejáveis
Consistência do mel	Viscoso, baixo teor de água	Menos viscoso, maior teor de água
Fermentação e maturação	Mais estável, menor propensão	Fermenta mais facilmente, maturação rápida
Propriedades medicinais	Nutritivo, padrão	Rico em resinas, alto valor funcional
Produção de mel	40–50 kg/ano	0,1–4 kg/ano

Fonte: Adaptado de Taube Júnior *et al.* (2014).

As abelhas do gênero *Melipona* sp. constroem potes de mel e pólen de formato irregular e as *Apis mellifera* constroem suas colmeias em formato hexagonal e operculam (fecham com cera) quando o alvéolo está cheio. Os ninhos das *Apis mellifera* são feitos de forma semelhante aos seus alvéolos de armazenamento do mel Figura 6 , enquanto os das *Melipona* sp. são discos de cria que são construídos de forma empilhada com espaço para as abelhas se movimentarem entre eles para realizar suas funções de acordo como exemplificado na Figura 7 (Taube Júnior *et al.*, 2014).

Figura 6: Favo de *Apis mellifera* com pólen, mel e células de cria.



Fonte: AlamyImagens.com (2025).

Figura 7: Disco de crias *Melipona* sp com potes de pólen e mel.



Fonte: Mundoecologia.com.br (2019).

O mel das *Melipona* sp, é menos viscoso e com maior teor de água, o que dá a capacidade de fermentar e maturar com mais facilidade além de conter propriedades medicinais das plantas que foram coletadas as resinas. Enquanto o mel da *Apis mellifera* é mais viscoso e com menor possibilidade de fermentação pois o teor de água nele é bem menor entre 14 % e 25 %, com a faixa ideal entre 17 % e 19 % (Sousa, 2008).

No quesito produção, colmeias de *Apis mellifera* produzem cerca de 40-50kg de mel por ano a depender da população e manejo, enquanto as sem ferrão tem uma produção de até 3-4kg por ano a depender da população, espécie, tamanho das abelhas e manejo. Considerando isto, faz com que os méis das *Melipona* sp. tenham um valor agregado maior por kg do que as da *Apis mellifera* justamente por ter essa baixa produção anual por colmeia (Pereira *et al.*, 2017).

3.5 Formação e beneficiamento dos compostos a partir das abelhas, composição e propriedades

3.5.1 Mel

As abelhas coletam o néctar das flores e o armazenam em um órgão especial chamado "estômago melífero" (ou pré-estômago). Ao retornar à colmeia, elas transferem esse néctar para outras abelhas operárias por meio de um processo de regurgitação. Esse néctar é então sucessivamente engolido e regurgitado entre as abelhas, o que permite a ação das enzimas invertase, diastase e glicose oxidase além da redução gradual do teor de umidade para o nível ideal abaixo de 20% (Sousa, 2008). A sacarose do néctar é quebrada em frutose e glicose por meio da reação enzimática da invertase secretada pelas glândulas hipofaringeas localizadas na parte interna da cabeça das abelhas que funcionam do 4º ao 10º dia de vida das abelhas (também chamadas de abelhas nutrizes nesta idade). Esse processo é fundamental para impedir a proliferação de micro-organismos e garantir a conservação do mel. Após atingir a umidade ideal de cerca de 18%, o mel é armazenado nos alvéolos e operculado (Taube Júnior *et al.*, 2014).

O processamento do mel realizado pelos apicultores segue etapas padronizadas para assegurar sua qualidade e preservação das propriedades naturais. Após a colheita dos favos no apiário, estes são transportados para uma sala de extração com temperatura controlada entre 25 e 30 °C, onde ocorre o desoperculado dos quadros. Em seguida, os favos são colocados em centrífugas que operam a velocidades entre 200 e 400 rpm, promovendo a extração do mel. Durante essa etapa, o produto já passa por um processo inicial de filtração, utilizando peneiras de 200 a 400 µm, que removem partículas maiores de cera e demais impurezas (Ranneh *et al.*, 2023).

O mel extraído é então transferido para tanques de decantação, onde permanece de 24 a 72 horas a aproximadamente 25 °C, permitindo a eliminação de bolhas de ar e sedimentos. Após a decantação, o mel pode ser envasado para comercialização. Caso o teor de umidade do lote ultrapasse 20%, pode-se recorrer a um leve aquecimento, mantido em até 40 °C, de modo a reduzir a umidade residual. Ressalta-se que essa temperatura não deve ser excedida, pois valores mais elevados podem comprometer a atividade enzimática do mel, especialmente enzimas como a diástase e a invertase, além de degradar compostos bioativos importantes para sua qualidade sensorial e nutricional (Ranneh *et al.*, 2023).

A composição do mel está apresentada na Tabela 1, sendo constituído majoritariamente por carboidratos, que representam aproximadamente 80% de sua composição. Entre eles, destacam-se a frutose, em torno de 35%, e a glicose, com cerca de 25%. A sacarose, inicialmente presente em maiores concentrações, é hidrolisada pela ação da enzima invertase, resultando em sua redução para valores próximos de 1%.

Tabela 1: Composição do mel.

Componente	Faixa aproximada (%)
Carboidratos (total)	~80 (monossacarídeos 75%)
Água	~16 – 18
Frutose	35,6 – 41,8
Glicose	25,4 – 28,1
Sacarose	0,23 – 1,21
Maltose	1,8 – 2,7
Proteínas, vitaminas, minerais	~0,5 – 1

Fonte: Bogdanov *et al.* (2008).

3.5.2 Própolis

A própolis é uma substância resinosa que as abelhas coletam de diversas plantas, principalmente dos brotos de árvores. Após ser levada à colmeia, ela é trabalhada e misturada com cera pelas próprias abelhas até atingir a textura adequada para selar aberturas, auxiliar na regulação térmica e proteção contra potenciais invasores. Além de sua função estrutural, possui propriedades antissépticas e antibióticas. Há relatos de que, no Antigo Egito, a própolis era utilizada no tratamento de feridas e no processo de mumificação (Pereira *et al.*, 2015). As abelhas adotam uma prática semelhante: quando um invasor de grande porte entra na colmeia e não pode ser removido, elas o recobrem com própolis para evitar sua decomposição e

preservar a higiene (Castaldo *et al.*, 2002). O Brasil ocupa a 2^a posição de produção da própolis, atrás de Rússia e China, e produz 12 variedades de própolis, das quais as de coloração marrom, verde e vermelha, são exclusivas do País.

A produção mundial de própolis é estimada em 700 a 800 toneladas anuais, com destaque para a China como maior produtora e o Brasil em segundo lugar, responsável por cerca de 150 toneladas anuais, grande parte destinada à exportação, especialmente ao Japão, que consome 92% da própolis verde brasileira (Lustosa *et al.*, 2008). No cenário nacional, a própolis verde de Minas Gerais se sobressai, respondendo por cerca de 70% da produção brasileira, favorecida pelo solo ácido rico em alecrim-do-campo, sendo a variedade mais reconhecida internacionalmente. Além dela, a própolis vermelha, típica do litoral e manguezais de Alagoas, apresenta alto valor de mercado, chegando a ser comercializada até cinco vezes mais cara que a verde, embora ainda com produção limitada. O Nordeste, por sua diversidade vegetal, mostra grande potencial produtivo, podendo ampliar a renda dos apicultores, principalmente na entressafra (França *et al.*, 2019). A partir de 2020, a própolis passou a ter maior valorização devido a estudos que indicaram possíveis benefícios no tratamento da COVID-19, elevando sua demanda no mercado interno e externo.

3.5.3 Cera

A cera é uma substância de coloração branca secretada em pequenas placas por glândulas específicas das abelhas operárias jovens. Sua produção ocorre a partir da conversão dos açúcares presentes no mel, sendo necessário o consumo de aproximadamente 8 kg de mel para produzir 1 kg de cera. Essa substância é essencial para a construção dos favos e, quando combinada com própolis, torna-se ideal para vedar determinadas áreas da colônia, garantindo proteção e isolamento. Durante o período de entressafra da produção de mel, os apicultores tratam a cera em banho-maria (cera mista) e a utilizam para reforçar as colmeias, ajudando a reduzir o consumo de mel pelas abelhas. O excedente dessa cera também é comercializado com as indústrias cosmética e farmacêutica, além de ser utilizado em aplicações como a impermeabilização de madeira em móveis artesanais (Krell, 1996).

A cera é processada pelos apicultores, proveniente principalmente de opérculos retirados durante a extração do mel ou de favos antigos, deve ser previamente limpa das impurezas maiores, como restos de abelhas, pólen endurecido ou fragmentos de madeira. Para o derretimento, utiliza-se o sistema de banho-maria, que consiste em colocar a cera em um recipiente metálico, preferencialmente de aço inoxidável, imerso em outro recipiente maior com

água, evitando o contato direto com a chama, já que a cera é altamente inflamável. Durante o aquecimento, a temperatura deve ser cuidadosamente controlada, mantendo-se entre 62 °C e 65 °C, que corresponde ao ponto de fusão da cera. É importante não ultrapassar 70 °C, pois o calor excessivo pode comprometer sua qualidade, escurecendo-a, alterando seu aroma característico e reduzindo seu valor para aplicações em cosméticos e produtos apiterápicos. Uma vez fundida, a cera líquida é filtrada ainda quente com auxílio de panos de algodão, gaze ou peneiras finas, a fim de remover resíduos de mel cristalizado, pólen e outras impurezas. Em seguida, é despejada em formas metálicas ou de silicone e deixada em repouso até a completa solidificação (Svečnjak *et al.*, 2019).

A composição da cera de abelha, assim como a de outros produtos apícolas, caracteriza-se por uma mistura orgânica complexa, contendo mais de 300 componentes identificados. Entre eles, destacam-se os ésteres de ácidos graxos, que representam aproximadamente 67% da composição, seguidos pelos hidrocarbonetos por volta de 14% e pelos ácidos graxos livres com cerca de 13%. Estudos indicam que não existem diferenças significativas na composição química básica da cera produzida por diferentes subespécies de *Apis mellifera*. As variações observadas estão restritas a pequenas diferenças nas proporções dos compostos predominantes mencionados (Svečnjak *et al.*, 2019). Na Tabela 2 observa-se em maiores detalhes o fracionamento da cera de abelha em porcentagem.

Tabela 2: Composição da cera de abelha.

Fração Constituinte	% (p/p)
Hidrocarbonetos	14
Monoésteres	35
Diésteres	14
Triésteres	3
Monoésteres hidroxilados	4
Poliésteres hidroxilados	8
Ésteres ácidos	1
Poliésteres ácidos	2
Ácidos livres	12
Álcoois livres	1
Não identificados	6
Total	100

Fonte: Tulloch (1980).

3.5.4 Pólen

O pólen é um pó de baixa gramatura e coloração amarelada ou castanho-claro que carrega os gametas masculinos das plantas. As abelhas, durante as viagens de coleta, embalam grãos de pólen das flores em pelotas de pólen nas patas traseiras, ao coletarem o pólen para alimentar a colônia, atuam como polinizadoras, pois ao transferir os grãos entre as flores, promovem a fertilização das plantas, o que resulta na formação de frutos e sementes.

Na cadeia apícola, a extração e obtenção do pólen apícola ocorre por meio do uso de coletores de pólen, dispositivos instalados na entrada das colmeias. Esses coletores possuem pequenas aberturas que forçam as abelhas a passar por orifícios estreitos, desprendendo parte das cargas de pólen aderidas às suas corbículas (estruturas nas patas posteriores). O pólen cai em gavetas coletoras, geralmente protegidas para manter a higiene e evitar contaminações. Após a coleta, o pólen é imediatamente submetido a processos de limpeza, secagem e armazenamento para garantir sua conservação e qualidade microbiológica (Alcalá-Orozco *et al.*, 2024). O pólen ao ser processado pelas abelhas, junto com o mel é fermentado por microrganismos presentes na colmeia, e esse alimento é chamado de “pão de abelha”, e dessa forma o pólen é consumido pelas abelhas operárias.

Estima-se que cerca de 75% das plantas com flores necessitam de polinizadores, como as abelhas, para produzir frutos de qualidade. Do ponto de vista nutricional, o pólen é uma fonte concentrada de macro e micronutrientes, contendo elevado teor de proteínas (incluindo aminoácidos essenciais), vitaminas (particularmente do complexo B), lipídios e minerais (Almeida *et al.*, 2005). No contexto apícola, é o principal alimento proteico da colmeia, essencial para o crescimento larval e a manutenção da atividade fisiológica das operárias.

No âmbito humano, o pólen apícola tem sido estudado como suplemento alimentar funcional, com diversas evidências apontando suas propriedades antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatória e imunomoduladora. A capacidade antioxidante, por exemplo, está associada à presença de compostos fenólicos e flavonoides, que atuam na neutralização de radicais livres, retardando processos de oxidação celular. Devido a esses atributos, o pólen tem sido utilizado como adjuvante terapêutico, com aplicações na promoção do bem-estar, fortalecimento do sistema imunológico e melhoria do desempenho físico (Alcalá-Orozco *et al.*, 2024).

3.5.5 Geleia Real

A geleia real é uma substância homogênea secretada por glândulas hipofaringeas de abelhas nutrizes com a consistência de uma pasta bastante fluida. Ela é de cor esbranquiçada com tons amarelos ou bege, tem um odor fenólico intenso e um sabor azedo característico. Os principais constituintes da geleia real são água, proteínas, açúcares, lipídios e sais minerais. A composição da geleia real é relativamente constante ao comparar diferentes colônias e raças de abelhas (Krell, 1996).

Elá possui valor significativamente superior ao do mel, por ser o alimento exclusivo da rainha e de todas as larvas. As que continuam a ser nutridas exclusivamente com esse composto são denominadas ‘princesas’ e se desenvolverão como futuras rainhas. Esse alimento altamente nutritivo é responsável por promover maior longevidade e desenvolvimento corporal acentuado dessa casta, já que a rainha pode atingir até o dobro do tamanho e peso de uma operária e viver vários anos, enquanto as operárias vivem apenas algumas semanas. Essa diferença se deve à composição rica em proteínas, lipídios, vitaminas e sais minerais da geleia real, que a torna essencial tanto para o crescimento acelerado quanto para a longevidade da rainha. Em contraste, as operárias se alimentam basicamente de mel e pólen, fontes energéticas e nutricionais, porém com menor impacto sobre a longevidade e diferenciação fisiológica (Tofilski *et al.*, 2024).

A colheita da geleia real inicia-se na seleção das células reais, especificamente quando a larva está com cerca de quatro dias de idade. A raspagem da célula real deve ser feita logo após a extração, preferencialmente em ambiente com pouca luz e esterilizado para evitar contaminação. A geleia então é transferida para recipientes escuros e herméticos e mantida refrigerada entre 0 °C e 5 °C, ou congelada abaixo de -18 °C para armazenamento prolongado. Para preservar sua atividade biológica, é possível recorrer à liofilização: o produto é pré-congelado e depois submetido a uma câmara com vácuo intenso, elevando gradualmente a prateleira para -25 °C por 12 horas e, em seguida, para 30 °C por 6 horas, até formar um pó seco, altamente higroscópico, que é então acondicionado em embalagens herméticas (Hu *et al.*, 2017).

O fracionamento dos principais compostos da geleia real está disposto na Tabela 3 a seguir, indicando a elevada quantidade de proteína presente no composto em que as mais encontradas são as MRJP1–MRJP9.

Tabela 3: Compostos da geleia real.

Componente	Concentração aproximada
Água	60 – 70 %
Proteínas	9 – 18 %
Carboidratos	7 – 18 %
Lipídeos (ácidos graxos)	3 – 8 %
Principais proteínas (MRJPs)	Predominantemente MRJP1–MRJP9

Fonte: Sagona *et al.* (2022).

3.5.6 Apitoxina

O veneno de abelha é um líquido claro, inodoro e aquoso. Ao entrar em contato com membranas mucosas ou olhos, causa queimação e irritação consideráveis. O veneno seco tem coloração amarelo claro e algumas preparações comerciais são marrons, que se acredita serem devidas a oxidação de algumas das proteínas do veneno. Usado em pequenas doses, o veneno de abelha pode ser benéfico para tratar muitas doenças. Esse valor terapêutico já era conhecido por muitas civilizações antigas. Na década de 1990 os únicos usos do veneno de abelha eram na medicina humana e veterinária (Krell, 1996), atualmente já são utilizados em cosméticos (El-Wahed *et al.*, 2021; Samancı e Kekeçoğlu, 2022), e pesquisas para combate de alguns tipos de câncer (Wehbe *et al.*, 2019). A melitina é o principal composto presente na apitoxina, compondo de 40-50% a fração de veneno seco (Wehbe *et al.*, 2019).

A quantidade de veneno presente em cada picada de abelha é de 0,15 a 0,3 mg de veneno contidos em um saco de veneno completo e quando ela usa esse artifício para defender a colmeia, ela se sacrifica em prol do grupo, levando junto seu abdômen, glândulas que produzem o veneno, músculos, parte do sistema nervoso e o próprio ferrão. A dose letal média para um ser humano adulto é de 2,8 mg de veneno por kg de peso corporal, assumindo que cada abelha injeta todo o seu veneno e nenhuma picada é removida rapidamente a um máximo de 0,3 mg de veneno por picada, 600 picadas podem muito bem ser letais para tal pessoa. Para uma criança de 10 kg, como pouco mais de 90 picadas podem ser fatais, a maioria das mortes humanas resulta de uma ou poucas picadas de abelha devido a reações alérgicas, insuficiência cardíaca ou asfixia por inchaço ao redor do pescoço ou da boca. (Schumacher *et al.*, 1989).

Na Tabela 4 mostra-se a composição da apitoxina, além de descrever as funções principais dos componentes que compõem o veneno.

Tabela 4: Composição da apitoxina.

Constituinte	Fração aprox. (% m/m)	Função principal
Melitina	40 – 60 %	Peptídeo citotóxico, anti-inflamatório, lítico de membranas
Fosfolipase A₂	10 – 12 %	Enzima alergênica, degrada fosfolipídeos de membrana
Apamina	2 – 3 %	Neurotoxina, bloqueia canais de K ⁺ ativados por Ca ²⁺
Peptídeo desgranulador de mastócitos (MCD)	2 – 3 %	Induz liberação de histamina
Adolapina	1 – 2 %	Peptídeo analgésico e anti-inflamatório
Hialuronidase	1 – 3 %	Enzima “fator de difusão”, aumenta penetração tecidual
Histamina	< 1 %	Amida biogênica, induz inflamação local
Dopamina	< 1 %	Neurotransmissor, potencializa efeitos inflamatórios
Noradrenalina	< 1 %	Neurotransmissor, vasoconstritor e modulador inflamatório
Outros peptídeos menores	traços	Diversos efeitos biológicos complementares

Fonte: Adaptado de Wehbe *et al.* (2019).

O método mais utilizado para a obtenção da apitoxina é o uso de coletores elétricos. Nesse processo, uma placa de vidro ou acrílico é recoberta por uma fina película de material condutor e ligada a uma fonte de pulsos elétricos de baixa intensidade (geralmente de 3 a 12 volts) abaixo do coletor de apitoxina em uso, conforme Figura 8. As abelhas, ao entrarem em contato com a placa, recebem um estímulo que as induz a ferroar a superfície, liberando a apitoxina sem perder o ferrão. A secreção depositada seca rapidamente sobre a superfície e, posteriormente, é raspada em forma de pó (Dantas *et al.*, 2024).

Após a coleta, a apitoxina precisa ser processada em condições controladas. Recomenda-se evitar temperaturas elevadas, pois os peptídeos e enzimas presentes são altamente termossensíveis. O ideal é manter o material em ambiente refrigerado, abaixo de 4 °C, e realizar a secagem final em condições de liofilização ou armazenamento em atmosfera inerte, para prevenir oxidação. Durante todo o processamento, a exposição à luz direta deve ser minimizada, já que alguns componentes, como a melitina, sofrem degradação fotoquímica (Graaf *et al.*, 2021).

Figura 8: Coletor de apitoxina em uso.



Fonte: Mel.com.br (2020).

3.6 Legislação para o controle de qualidade

A nível mundial existe uma coletânea de normas CODEX ALIMENTARIUS que foi desenvolvida pela *International Honey Commission* - IHC que uniu membros da FAO e da OMS para definir padrões alimentícios e se dedica a garantir a segurança alimentar global e facilita através da OMC a comercialização de alimentos entre países. O Brasil através do INMETRO é membro do CODEX ALIMENTARIUS e estabelece dentro do país os padrões de segurança sanitária dos alimentos (GOV.BR, 2025).

No âmbito nacional, a regulação da qualidade dos Produtos das Abelhas (PBA) é responsabilidade do INMETRO, para questões relacionadas a embalagem e rotulagem através da Portaria nº 265, de 15 de junho de 2021; e da ANVISA em relação aos aspectos sanitários, estando esta última vinculada ao Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e ao MAPA para produtos de origem animal. A regulamentação sanitária completa é feita por meio do Decreto nº 9.013/2017, que institui o RIISPOA, abrangendo os produtos de abelhas e seus derivados. É importante salientar que essas regulamentações, no âmbito da inspeção, são verificadas por agentes dos órgãos acima mencionados, atuando nas esferas federal, estadual ou municipal.

E para complementar o RIISPOA, a Portaria SDA nº 795/2023 atua com regras específicas voltadas ao setor apícola e meliponícola no sentido de normatizar estabelecimentos que processam os PBA. Principalmente no sentido de aplicar exigências aos apiários e meliponários no que se refere à estrutura, higiene até os procedimentos executados na atividade como: extração, centrifugação, decantação, filtração. Também explora alguns aspectos relacionados à rotulagem, além de requisitos para se obter rastreabilidade da origem dos PBA e de indicação da florada e características físico-químicas. É uma regulamentação mais detalhada e exclusiva do setor apícola que busca garantir a qualidade e segurança dos PBA.

O Decreto Nº6323 de 27 de dezembro de 2007 abrange regulamentações que foram estabelecidas pelo MAPA não exclusivamente aos PBA, mas sua atuação incide apenas quando esses produtos são certificados como orgânicos, suas normas só serão válidas se os PBA forem destinados à certificação orgânica conforme o sistema legal de produção orgânica.

Além disso, a Resolução – RDC nº 24, de 14 de junho de 2011, da ANVISA, estabelece os procedimentos e requisitos para o registro de determinados medicamentos, como genéricos, similares, fitoterápicos e biológicos. Dessa forma, caso algum PBA venha a ser enquadrado na indústria farmacêutica, torna-se necessária a observância dessa normativa para garantir seu adequado registro e comercialização.

4 POTENCIAL TECNOLÓGICO E APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

Nesta seção, apresentam-se pelo menos três aplicações por indústria, que tivessem aplicações industriais ou potenciais tecnológicos relacionados a intenção do e considerando que a inclusão de um número maior de exemplos resultaria em um volume excessivo de informações, o que poderia comprometer a objetividade e a clareza do texto. Cabe destacar, ainda, que o presente trabalho tem caráter de requisito parcial para a conclusão do curso, não se propondo a um estudo exaustivo, mas sim a uma abordagem introdutória, com foco em reunir e organizar os principais aspectos relevantes ao tema.

4.1 Área médica

Estudos relacionados ao uso dos PBA na Área médica são encontrados no Quadro 3.

Quadro 3: Aplicações de PBA na Área médica.

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Santos (2023)	Análise da própolis verde brasileira na proliferação e viabilidade de células pulpares humanas / Analysis of Brazilian Green Propolis on the Proliferation and Viability of Human Pulp Cells	Odontologia / Extração e purificação de bioativos da própolis, formulação de extratos hidroalcoólicos concentrados, desenvolvimento de sistemas de liberação controlada (géis e pomadas), controle de estabilidade química e cinética de degradação dos compostos fenólicos, otimização de processos de secagem (liofilização), avaliação da qualidade biológica do produto	O estudo avaliou o efeito da própolis verde brasileira sobre células pulpares humanas, visando o desenvolvimento de biomateriais odontológicos biocompatíveis. Testes de viabilidade e migração celular mostraram baixa citotoxicidade e alta tolerância celular, com integridade da membrana preservada e fechamento progressivo de feridas, indicando potencial para reparos teciduais e medicações intracanais.
Moreira (2012)	Apiterapia no tratamento de patologias com foco em artrite / Apitherapy in the Treatment of Pathologies with Focus on Arthritis	Medicina alternativa / Engenharia de bioproductos, extração e purificação de apitoxina, encapsulação para liberação controlada, desenvolvimento de formulações tópicas, controle de qualidade e segurança	O artigo aborda a apiterapia como tratamento alternativo para diversas patologias, incluindo doenças dermatológicas, respiratórias e neurológicas, com foco na artrite. Discute métodos de aplicação, como picadas diretas e formulações tópicas, e destaca vantagens e limitações do tratamento.
Ferreira <i>et al.</i> (2024)	Hidrogel contendo própolis: caracterização física e avaliação de atividades biológicas para uso potencial no tratamento de lesões	Medicina / Formulação de hidrogéis contendo própolis, otimização de processos de mistura e homogeneização, controle de	Hidrogéis de poliacrilamida/methylcellulose contendo extrato de própolis foram sintetizados via polimerização por radical livre. Apresentaram alta porosidade, boa

Continua

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
	cutâneas / Hydrogel Containing Propolis: Physical Characterization and Evaluation of Biological Activities for Potential Use in the Treatment of Skin Lesions	propriedades físico-químicas, estudo da cinética de liberação de compostos bioativos, estabilidade e conservação do produto, encapsulação de princípios ativos, caracterização de propriedades mecânicas, controle de qualidade para aplicação tópica	absorção de água, propriedades mecânicas adequadas, além de atividade antibacteriana e antioxidante. A formulação com 2,5% de própolis foi considerada ideal para futuros estudos de cicatrização.

Fonte: Autoria própria (2025).

4.2 Indústria de Alimentos

Pesquisas sobre o uso dos PBA na Indústria de Alimentos estão presentes no Quadro 4.

Quadro 4: Aplicações de PBA na Indústria de Alimentos.

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Maqsoudlou, <i>et al.</i> (2020)	Estabilidade e propriedades estruturais do hidrolisado proteico de pólen de abelha microencapsulado com maltodextrina e concentrado proteico de soro de leite / Stability and structural properties of bee pollen protein hydrolysate microencapsulated using maltodextrin and whey protein concentrate	Indústria de Alimentos: proteção de bioativos, melhoria da estabilidade de proteínas e antioxidantes / Engenharia Química: microencapsulação, tecnologia de <i>spray drying</i> , formulação de novos compostos;	O hidrolisado proteico de pólen foi microencapsulado via <i>spray drying</i> com parede de maltodextrina, concentrado de proteína do soro (WPC), ou mistura (3:1). A cápsula com mistura apresentou melhor estabilidade à oxidação (radicais DPPH), estrutura mais homogênea (SEM) e preservação da química. Bom para proteção de bioativos sensíveis em alimentos/suplementos.

Continua

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Renduelles, et al. (2024)	Explorando a própolis como um agente bioconservante sustentável para controlar patógenos transmitidos por alimentos em presunto cozido embalado a vácuo / Exploring Propolis as a Sustainable Bio-Preservative Agent to Control Foodborne Pathogens in Vacuum-Packed Cooked Ham	Indústria de Alimentos: conservação de produtos cárneos, segurança de alimentos, aceitação sensorial / Engenharia Química: formulação de conservantes naturais, controle de estabilidade e processos de incorporação.	Avaliação da eficácia do extrato de própolis como conservante natural em presunto cozido, substituindo os nitritos. Os resultados mostraram que a formulação contendo própolis limitou o crescimento de microrganismos inoculados até o 45º dia de armazenamento, exceto para <i>Listeria monocytogenes</i> . A análise sensorial revelou aceitação do consumidor para lotes de presunto que incluíam própolis como aditivo natural.
Santos, et al. (2022)	Desenvolvimento de um subproduto rico em proteínas por 2 ³ Planejamento fatorial: caracterização de seu valor nutricional e análise sensorial / Development of a Protein-Rich By-Product by 2 ³ Factorial Design: Characterization of Its Nutritional Value and Sensory Analysis	Indústria de Alimentos: desenvolvimento de snacks funcionais, análise sensorial, ingredientes de origem apícola e fibras / Engenharia Química: otimização de formulação e processos de mistura, homogeneização, controle de textura e solubilidade.	Estudo fatorial avaliou barras com pólen + mel + farinha de casca de maracujá. A inclusão de pólen elevou proteína e cinzas e manteve boa aceitação sensorial; perfil fenólico/antioxidante foi relevante e composição atendeu padrões. Útil como snack funcional com ingredientes de origem apícola e fibra de subproduto.

Fonte: Autoria própria (2025).

4.3 Indústria de Cosméticos

Alguns trabalhos referentes à Indústria de Cosméticos e uso dos PBA estão dispostos na Quadro 5.

Quadro 5: Aplicações de PBA na Indústria de Cosméticos.

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Lemieux et al. (2019)	Formulando “Sensação”: Cera de Abelha para Transformar Texturas Naturalmente / Formulating ‘Feel’: Beeswax to Naturally Transform Textures	Indústria Cosmética: desenvolvimento de <i>balms</i> , <i>sticks</i> , cremes e geleias com melhor sensorial e estabilidade. / Engenharia Química: formulação de emulsões e sistemas anidros, reologia (viscosidade, espalhabilidade e sensação cutânea), propriedades de filmagem.	O artigo aborda o uso da cera de abelha como modificador de textura em formulações cosméticas anidras. Destaca sua função como formador de filme, preservando a umidade, aumentando viscosidade, firmeza e proporcionando sensorial agradável ao toque, sendo essencial para a performance de produtos cosméticos.
Thewanjutiwong et al. (2023)	Desenvolvimento de Formulações de Gel Formador de Filme Contendo Geleia Real e Água Aromática de Mel para Aplicações Cosméticas / Development of Film-Forming Gel Formulations Containing Royal Jelly and Honey Aromatic Water for Cosmetic Applications	Indústria Cosmética: desenvolvimento de máscaras <i>peel-off</i> funcionais com ativos naturais (geleia real e água aromática de mel). / Engenharia Química: formulação de géis cosméticos, controle de viscosidade e textura, propriedades mecânicas e caracterização estrutural.	O estudo desenvolveu géis formadores de filme contendo geleia real (até 2% p/p) e água aromática de mel. As formulações apresentaram maior viscosidade, melhores propriedades mecânicas e estética dos filmes, além de redução do tempo de secagem. O produto mostrou viabilidade para uso cosmético em máscaras faciais <i>peel-off</i> .

Continua

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Magrini et al. (2019)	Metilgioxal, o principal fator antibacteriano do mel de Manuka: uma alternativa para conservar cosméticos naturais? / Methylglyoxal, the Major Antibacterial Factor in Manuka Honey: An Alternative to Preserve Natural Cosmetics?	Cosméticos / Engenharia Química — Preservação natural em formulações cosméticas	O estudo investigou o uso de mel de Manuka e seu componente MGO como conservante natural em emulsões óleo-em-água (O/W). O mel foi mais eficaz que o metilparabeno contra <i>Pseudomonas aeruginosa</i> e apresentou eficácia semelhante contra <i>Escherichia coli</i> , embora não tenha inibido fungos. O MGO foi identificado como o principal agente bactericida, embora outros compostos também contribuíssem para essa atividade, sugerindo que o mel de Manuka pode funcionar como conservante natural em formulações cosméticas.

Fonte: Autoria própria (2025).

4.4 Indústria Farmacêutica

Estudos relacionados ao uso dos PBA da Indústria Farmacêutica são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Aplicações de PBA na Indústria Farmacêutica.

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Adade et al. (2013)	Peptídeo melittin mata parasitas <i>T. cruzi</i> induzindo diferentes vias de morte celular / Melittin peptide kills <i>Trypanosoma cruzi</i> parasites by inducing different cell death pathways	Formulação de peptídeos bioativos, estabilidade físico-química, entrega controlada e caracterização de mecanismos de ação celular.	Melittin demonstrou ação letal contra diferentes formas de <i>Trypanosoma cruzi</i> , induzindo apoptose e autofagia, com potencial para o desenvolvimento de novos fármacos contra Doença de Chagas.
Stojko et al. (2020)	Não-tecido biodegradável eletrofiado com liberação de própolis para tratamento de queimaduras / Biodegradable Electrospun Nonwovens Releasing Propolis as a Promising Dressing Material for Burn Wound Treatment	Eletrofiação de PLGA com própolis, estudo de degradação, controle de liberação e caracterização estrutural. Indústria biomédica: curativos para queimaduras com bioativos naturais.	Não tecido biodegradável de PLGA incorporado com própolis, apresentando degradação controlada, liberação sustentada e potencial para uso como curativo avançado para queimaduras.
Peixoto et al. (2016)	Uso do mel associado ao Ananas comosus (Bromelin®) no tratamento da tosse irritativa aguda / Use of honey associated with Ananas comosus (Bromelin®) in the treatment of acute irritative cough	Desenvolvimento e otimização de formulações farmacêuticas líquidas (xaropes), padronização de ativos bioativos, cinética de liberação rápida, estabilidade físico-química e microbiológica.	Ensaio clínico randomizado em 106 crianças demonstrou melhora da tosse irritativa com mel isolado e mel + Bromelin®, sem diferença significativa, sugerindo ação terapêutica do mel.
Wehbe et al. (2019)	Apitoxina e seus componentes contra câncer, neurodegeneração e artrite reumatoide: limitações e possibilidades / Apitoxin and its components against cancer, neurodegeneration and rheumatoid arthritis: limitations and possibilities	Engenharia de bioproductos, extração e purificação de apitoxina, encapsulação de melitina, desenvolvimento de formulações farmacêuticas seguras e estudos de citotoxicidade.	Revisão sobre apitoxina e melitina em câncer, doenças neurodegenerativas e artrite reumatoide. Evidenciou propriedades anti-inflamatórias e neuroprotetoras, mas com limitações devido à citotoxicidade inespecífica.

Fonte: Autoria própria (2025).

4.5 Indústria Química e Outros

Outros artigos e trabalhos que não se enquadram nas áreas citadas anteriormente foram alocados no Quadro 7 (de Indústria Química e Outros), com exemplos da aplicação dos PBA em produção de embalagens, no setor têxtil e no setor agrícola.

Quadro 7: Aplicações de PBA Indústria Química e Outros.

Referência	Título e Tradução	Área	Aplicação
Santos Junior (2021)	Aplicação de cera de abelha em diferentes tecidos para elaboração de embalagens alimentícias (Application of beeswax on different fabrics for the development of food packaging)	Revestimento de tecidos com cera; análise de espessura, uniformidade, permeabilidade e propriedades mecânicas; possibilidade de escalonamento industrial por imersão, spray ou laminação.	Estudo acadêmico avaliou tecidos tratados com cera de abelha para embalagens alimentícias. Resultados mostraram boa barreira contra água e óleo, flexibilidade e resistência. O método pode ser escalado para produção industrial de embalagens sustentáveis.
Wei et al. (2024)	The Impact of Beeswax and Glycerol Monolaurate on Camellia Oil Oleogel's Formulation and Application in Food Products (Impacto da cera de abelha e monolaurato de glicerila em oleogéis de óleo de camélia e aplicação em alimentos)	Estruturação de óleos/oleogéis, cristalização, análise reológica e FTIR. Aplicação na indústria alimentícia como substituto de gordura em biscoitos e embutidos.	O estudo mostrou que a adição de cera de abelha e GML aumentou a dureza e elasticidade dos oleogéis. A formulação com 10% de cera apresentou maior firmeza. FTIR revelou formação estrutural sem alteração química, suportando o uso como gordura estruturada.
Szulc et al. (2020)	Beeswax-Modified Textiles: Method of Preparation and Assessment of Antimicrobial Properties (Tecidos modificados com cera de abelha: método de preparação e avaliação de propriedades antimicrobianas)	Impregnação de tecidos com cera de abelha, análise por GC-MS e LDI-MS, caracterização mecânica e avaliação de propriedades antimicrobianas. Aplicações na indústria têxtil e hospitalar.	Tecidos de poliéster e viscose modificados com cera de abelha mantiveram integridade estrutural e apresentaram ação antifúngica contra <i>Aspergillus niger</i> . Propriedades mecânicas foram preservadas, indicando viabilidade em embalagens reutilizáveis e têxteis hospitalares.

Continua

Conclusão

King et al. (2017)	<p>Cercas de colmeias como ferramenta multidimensional de mitigação de conflitos para agricultores que coexistem com elefantes</p> <p>Beehive fences as a multidimensional conflict-mitigation tool for farmers coexisting with elephants</p>	<p>Indústria Agrícola/Conservação: uso de solução ecológica que une conservação, segurança agrícola e geração de renda.</p> <p>Engenharia Química: integração de apicultura, design de estrutura física (cerca), análise do comportamento biológico.</p>	<p>Instalaram-se 131 colmeias conectadas por arame, com colmeias falsas para reduzir custo. Em 3,5 anos, 88% foram ocupadas, e 80% dos 253 elefantes que se aproximaram foram dissuadidos.</p> <p>Agricultores ainda venderam 228 kg de mel, incentivando expansão a 22 fazendas com 297 colmeias.</p>
-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Autoria própria (2025).

Os dados apresentados evidenciam que os produtos apícolas possuem ampla aplicabilidade industrial, destacando-se em múltiplos setores devido às suas propriedades bioativas e características físico-químicas de cada composto.

Na análise global, observa-se que o setor alimentício é o que mais concentra aplicações tecnológicas dos produtos das abelhas, principalmente na incorporação de mel, própolis, cera e pólen em formulações funcionais, embalagens sustentáveis e conservantes naturais. O pólen, em especial, tem sido explorado no enriquecimento proteico de barras de cereal e em combinação com soro de leite em formulações de *whey protein* para obtenção de suplementos nutricionais de alto valor agregado, atendendo à demanda crescente por alimentos proteicos e funcionais. Contudo, é no setor farmacêutico e biomédico que se verificam os avanços mais significativos em inovação, com destaque para o desenvolvimento de curativos bioativos com própolis, hidrogéis cicatrizantes contendo geleia real e sistemas de liberação controlada de melitina derivados da apitoxina. Entre os produtos das abelhas, o mel, a própolis se destacam como os mais utilizados pela indústria devido à versatilidade e ao histórico de segurança, enquanto a apitoxina e a geleia real permanecem com aplicação mais restrita, em razão da toxicidade, instabilidade e custos associados e a pólen e cera tem grandes perspectivas de usos futuros. Esse panorama demonstra que, embora os usos tradicionais no setor alimentício permaneçam fortes, a fronteira de inovação está cada vez mais voltada para aplicações farmacêuticas e biomédicas, exigindo o suporte da engenharia química e biotecnologia para superar barreiras técnicas e ampliar o potencial desses compostos.

Na Área médica, conforme apresentado no Quadro 3, especificamente na odontologia, os estudos com própolis verde (Santos, 2023) mostram que a extração, purificação e formulação de extratos hidroalcoólicos de baixa citotoxicidade e alta tolerância celular, podem ser um grande auxiliar no tratamento de canais e feridas na mucosa bucal se formulados géis e pomadas para esse fim. Para tratamentos médicos alternativos à apiterapia (Moreira, 2012) traz indícios de que a extração e encapsulação de apitoxina para aplicação diretamente na pele em áreas específicas do corpo, se controlada a dose tem efeitos positivos no tratamento dermatológico. Ferreira *et al.* (2024) afirmam que hidrogéis contendo própolis representam outro avanço tecnológico: e a otimização de propriedades físico-químicas, purificando princípios ativos e avaliando como a cinética desses componentes possibilitam formulações terapêuticas direcionadas para cicatrização de lesões na pele.

Enquanto na Indústria de Alimentos, de acordo com o Quadro 4, a separação de bioativos de pólen de abelha por secagem via *spray dryer* somado a proteínas do soro de leite de bovinos (Maqsoudlou *et al.*, 2020) protege o composto proteico da oxidação e preserva a

função bioquímica, aumentando a vida útil de suplementos e alimentos funcionais. A utilização da própolis como conservante natural (Renduelles *et al.*, 2024) demonstra viabilidade tecnológica para substituir aditivos químicos que podem ser prejudiciais à saúde, garantindo segurança dos alimentos. O desenvolvimento de *snacks* funcionais enriquecidos com pólen, mel e fibras vegetais (Santos *et al.*, 2022) indica que a formulação de produtos com alta carga nutricional com adição de compostos bioativos pode ter um bom custo efetivo e benéfico para a saúde.

Na cosmética observa-se no Quadro 5, que a cera de abelha (Lemieux *et al.*, 2019; Thewanjutiwong *et al.*, 2023) é usada para modificação de textura, formação de filmes e aumento da estabilidade de produtos. Tecnologias de emulsão, controle de viscosidade e caracterização estrutural são essenciais para garantir o aspecto de produtos de forma sensorial agradável, possibilitando a adequação da reologia dos mesmos e melhorando seu desempenho. O uso de geleia real e água aromática de mel em géis *peel-off* mostra a inovação no desenvolvimento de máscaras faciais, utilizando componentes ativos naturais junto a com suas propriedades mecânicas no desenvolvimento de novos produtos. Há estudos também sobre o uso do MGO retirado do mel de Manuka da Nova Zelândia que utiliza esse composto como conservante natural na formulação de cosméticos.

Quanto à Indústria Farmacêutica, visualiza-se no Quadro 6 que a aplicação de peptídeos bioativos (melitina) e própolis (Adade *et al.*, 2013; Stojko *et al.*, 2020; Wehbe *et al.*, 2019) abre possibilidades de formulação de fármacos com liberação de princípios ativos de forma constante, estabilidade físico-química e ação terapêutica direcionada. O desenvolvimento de curativos e medicamentos líquidos (Peixoto *et al.*, 2016) exemplifica que tecnologias podem ser desenvolvidas para esse fim, avaliando a cinética dos compostos e descobrindo-se a concentração mínima de bioativos necessárias para o tratamento de doenças específicas, como queimaduras, tosse irritativa e infecções por protozoários. Além dos estudos para uso da melitina no combate ao câncer promovendo apoptose, que é a forma natural de eliminar células que estão danificadas, envelhecidas, e inibindo a proliferação de células tumorais por meio da permeabilização da membrana celular, estresse oxidativo e ativação de vias apoptóticas. Componentes como a Fosfolipase A2 modulam o microambiente tumoral, aumentando a eficácia terapêutica.

Por fim, na Indústria Química e Agrícola (Quadro 7), a cera de abelha tem sido empregada na modificação de tecidos para embalagens alimentícias e têxteis funcionais (Santos Junior, 2021; Szulc *et al.*, 2020), sendo testadas barreiras contra líquidos, flexibilidade e propriedades antimicrobianas. A formulação de oleogéis estruturados com cera de abelha (Wei

et al., 2024) exemplifica aplicação tecnológica na substituição de gorduras sólidas, mantendo textura e estabilidade química. Além disso, cercas de colmeias como solução de mitigação de conflitos com elefantes (King *et al.*, 2017) mostram integração de biotecnologia e design de sistemas físicos, gerando soluções sustentáveis com impacto social, ambiental e econômico.

5 CONCLUSÃO

O panorama do mercado internacional e brasileiro de mel revela uma expansão sólida, sustentada pelo crescente interesse dos consumidores em adoçantes naturais e pela valorização dos PBAs como insumos em diversos setores industriais. Há uma previsão de crescimento global até 2034, e o Brasil tem aumentado sua produção de forma expressiva, principalmente no Nordeste, o que evidencia a capacidade produtiva favorecida pelo clima e pela grande extensão territorial do país. Embora o Brasil ocupe atualmente a oitava posição no ranking mundial, nos últimos dez anos registrou crescimento superior a 80%, o que representa oportunidades de consolidar-se como fornecedor competitivo e diferenciado, à frente de países emergentes que veem nesse setor um interesse comercial, especialmente pela qualidade do mel e pelo processamento dos PBAs em áreas como alimentos, bebidas, cosméticos e farmacêutica. Assim, o mercado brasileiro de mel não apenas acompanha a tendência global, mas fortalece sua participação econômica, ampliando as perspectivas de inovação e sustentabilidade no setor apícola ao se posicionar como produtor de produtos de alto valor agregado.

A diversidade dos produtos apícolas (PBA) está diretamente relacionada à flora disponível, às condições climáticas, à temperatura e ao território em que as abelhas estão inseridas, o que resulta em variações químicas e funcionais no mel e em seus derivados. Essas diferenças impactam diretamente o valor nutricional, sensorial e medicinal dos produtos, reforçando a importância da padronização e caracterização para fins comerciais e industriais. No caso da apitoxina, o uso de coletores deve ser cuidadosamente manejado, uma vez que a alta demanda por esse composto pode comprometer a saúde e a produtividade das colmeias quando realizada de forma excessiva.

Os PBAs oferecem um portfólio tecnológico relevante e contêm princípios bioativos benéficos para a saúde humana, que podem ser aplicados *in natura* ou em formulações alimentícias, cosméticas, farmacêuticas, embalagens e têxteis. Estratégias como extração, separação, purificação, encapsulação e estudo da cinética de liberação de princípios ativos vêm sendo desenvolvidas, permitindo aplicações seguras e eficazes desses compostos. A cera, por exemplo, é um dos derivados que, ao ser reprocessado, apresenta grande versatilidade

industrial, com potencial de uso em embalagens sustentáveis, cosméticos e alimentos estruturados, evidenciando que os PBAs atuam como catalisadores de inovação em diversas áreas da engenharia química e de alimentos.

A industrialização dos PBA exige investimentos em tecnologia, inovação de processos e boas práticas de fabricação, além da conformidade com legislações estabelecidas por órgãos como MAPA, ANVISA, INMETRO e IBAMA, que atualizam constantemente as normas de identidade, qualidade e rotulagem dos produtos. Essas regulamentações são essenciais para assegurar a segurança do consumidor, a rastreabilidade da cadeia produtiva e a competitividade nos mercados interno e externo. A mais recente atualização do MAPA, em 2023, voltada para a adequação de estabelecimentos que elaboram produtos das abelhas, reforça essa necessidade de padronização e qualidade. Nesse mesmo contexto, a inclusão da Lei nº 14.639 evidencia a relevância da apicultura na agenda regulatória nacional, fortalecendo sua institucionalização. No Brasil, tais avanços normativos, somados a políticas públicas e portarias do MAPA, demonstram não apenas maior rigor sanitário, mas também incentivo à apicultura como setor estratégico para a bioeconomia e para a expansão das exportações.

No campo acadêmico e de mercado, observa-se convergência em pesquisas sobre caracterização química, separação, purificação e encapsulação de compostos bioativos e desenvolvimento de biomateriais a partir dos PBA. As áreas com maior enfoque incluem a aplicação farmacêutica (como hidrogéis medicinais e usos da apitoxina), cosmética e alimentícia, reforçando o papel dos produtos apícolas como catalisadores de inovação.

REFERÊNCIAS

ALCALÁ-OROZCO, M.; LOBO-FARFÁN, I.; TIRADO, D. F.; MANTILLA-ESCALANTE, D. C. “Enhancing the Nutritional and Bioactive Properties of Bee Pollen: A Comprehensive Review of Processing Techniques.” *Foods*, v. 13, n. 21, art. 3437, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/foods13213437>. Acesso em: 8 set. 2025.

ADADE, C. M.; OLIVEIRA, I. R. S.; PAIS, J. A. R.; SOUTO-PADRÓN, T. Melittin peptide kills *Trypanosoma cruzi* parasites by inducing different cell death pathways. *Toxicon*, v. 69, p. 227-239, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2013.03.011> . Acesso em: 8 set. 2025.

ALAMYIMAGENS.COM, Bee without wings hi-res stock photography and images – Alamy, 2025. Disponível em: <https://www.alamy.com/> . Acesso em: 18 ago. 2025.

ALMEIDA, L. B.; PAMPLONA, L. C.; COIMBRA, S.; BARTH, O. M. Composição química e avaliação botânica de pellets de pólen de abelha seca. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 18, p. 105–111, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2003.10.008>. Acesso em: 24 ago. 2025.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Portaria nº 27, de 13 de janeiro de 1998: Informação Nutricional Complementar. Ministério da Saúde (MS), Brasília, DF, 1998. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br>. Acesso em: 18 ago. 2025.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução – RDC nº 24, de 14 de junho de 2011. Ministério da Saúde (MS), Brasília, DF, 2011. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br>. Acesso em: 18 ago. 2025.

AUFSCHNAITER, A.; KÖHLER, V.; KHALIFA, S.; ABD EL-WAHED, A.; DU, M.; EL-SEEDI, H.; BÜTTNER, S. Apitoxin and Its Components against Cancer, Neurodegeneration and Rheumatoid Arthritis: limitations and possibilities. *Toxins*, v. 12, n. 2, p. 66, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins12020066>. Acesso em: 1 set. 2025.

BĂLAN, A.; MOGA, M. A.; DIMA, L.; TOMA, S.; NECULAU, A. E.; ANASTASIU, C.
 V. Royal Jelly—A traditional and natural remedy for postmenopausal symptoms and aging-related pathologies. *Molecules*, v. 25, n. 14, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25143291>.

BOGDANOV, S.; JURENDIĆ, T.; SIEBER, R.; GALLMANN, P. Honey for nutrition and health: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, v. 27, n. 6, p. 677–689, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.2008.10719745>. Acesso em: 18 ago. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária.
 Portaria SDA nº 795, de 10 de maio de 2023. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para mel, cera de abelhas, própolis e geleia real. *Diário Oficial da União*, seção 1, Brasília, DF, ano 160, n. 91, p. 4, 15 maio 2023. Disponível em: PORTARIA-SDA-No-795-DE-10-DE-MAIO-DE-2023.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. *Diário Oficial da União*, seção 1, Brasília, DF, p. 3, 30 mar. 2017. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9013.htm. Acesso em: 11 ago. 2025.

CAMARGO, R. C. R. de; PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. do R.; WOLFF, L. F.
Mel: características e propriedades. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2006. 29 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/69419/1/Doc150.pdf?> . Acesso em: 18 fev. 2025.

CASTALDO, S.; CAPASSO, F. Propolis, an old remedy used in modern medicine. *Fitoterapia*, v. 73, n. 1, p. S1–S6, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0367-326X\(02\)00185-5](https://doi.org/10.1016/S0367-326X(02)00185-5) Acesso em: 11 abr. 2025

CASTRO, M. L.; CURY, J. A.; ROSALEN, P. L. Própolis do sudeste e nordeste do Brasil: influência da sazonalidade na atividade antibacteriana e composição fenólica. *Química Nova*,

v. 30, n. 7, p. 1512–1516, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422007000700003> Acesso em: 11 abr. 2025

COSTA, M. C. A.; MORGANO, M. A.; FERREIRA, M. M. C.; MILANI, R. F. Analysis of bee pollen constituents from different Brazilian regions: Quantification by NIR spectroscopy and PLS regression. *LWT – Food Science and Technology*, v. 80, p. 76–83, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.003>.

COSTA, M. C. A.; MORGANO, M. A.; FERREIRA, M. M. C.; MILANI, R. F. Quantification of mineral composition of Brazilian bee pollen by near infrared spectroscopy and PLS regression. *LWT – Food Science and Technology*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.02.017>.

DANTAS, I. S. S.; BEZERRA, A. M. M.; LIMA, J. D. Estudo de caso de Coletor de Apitoxina (API 04 PLUS) e proposta de modificação de materiais coletora. *Anais do XXXIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica*, 2023, Goiânia, GO, 12 a 16 jun. 2023. Disponível em: <https://www.sistema.abcm.org.br/articleFiles/download/38210>. Acesso em: 8 set. 2025.

DARIVA, I.; ZORNOFF, G. C.; PRIOLLI, D. G.; SILVA, D. D. C. da; SANTANA, M. G.; MENDES, G. C.; SCIANI, J. M. Veneno de abelha no tratamento de metástase óssea de câncer colorretal. *Journal of Coloproctology*, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcol.2019.11.404>.

GRAAF D. C. DE; BRAGA M. R. B.; RUSLEYD M. M. DE A.; BLANK S.; BRIDTS C. H.; CLERCK L. S. DE; DEVREESEB.; EBO D. G.; FERRIS T. J.; HAGENDORENS M. M.; JACOMINI D.L. J.; KANCHEV I.; KOKOT Z. J.; MATYSIAK J.; MERTENS C.; SABATO V.; VAN GASSE A. L.; VAN VAERENBERGH M. Standard methods for *Apis mellifera* venom research. *Taylor & Francis*, Volume 60, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1801073> . Acesso em: 8 set. 2025.

EL-WAHED, A. A. A.; KHALIFA, S. A. M.; ELASHAL, M. H.; MUSHARRAF, S. G.; SAEED, A.; KHATIB, A.; TAHIR, H. E.; ZOU, X.; NAGGAR, Y. A.; MEHMOOD, A.; WANG, K.; EL-SEEDI, H. R. Cosmetic Applications of Bee Venom. *Toxins*, v. 13, n. 11,

art. 810, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxins13110810>. Acesso em: 8 set. 2025.

ETERAF-OSKOUEI, T.; NAJAFI, M. Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: A review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, v. 16, n. 6, p. 731–742, 2013. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3758027>. Acesso em: 11 abr. 2025.

ETGES, W. J.; SHORTER, J. R.; GEISZ, M.; ÖZSOY, E.; MAGWIRE, M. M.; CARBONE, M. A.; MACKAY, T. F. C. The effects of royal jelly on fitness traits and gene expression in *Drosophila melanogaster*. *PLoS One*, v. 10, n. 7, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134612>.

FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. Faostat. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 11 abr. 2025.

FERREIRA, L. M. de M. C. F.; CRUZ, N. F. da; LYNCH, D. G.; COSTA, P. F. da; SALGADO, C. G.; SILVA-JÚNIOR, J. O. C.; ROSSI, A.; RIBEIRO-COSTA, R. M. Hydrogel containing propolis: Physical characterization and evaluation of biological activities for potential use in the treatment of skin lesions. *Pharmaceuticals*, v. 17, n. 10, p. 1400, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph17101400>. Acesso em: 1 set. 2025.

FRANÇA, C. A. A própolis verde no mercado internacional. 2019. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal de Lavras, 2019. Disponível em: <https://www.mg.gov.br/propolis-verde>. Acesso em: 29 ago. 2025.

GIAMPIERI, F.; QUILES, J. L.; CIANCIOSI, D.; FORBES-HERNÁNDEZ, T. Y.; ORANTES-BERMEJO, F. J.; ALVAREZ-SUAREZ, J. M.; BATTINO, M. Bee products: An emblematic example of underutilized sources of bioactive compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 70, n. 23, p. 6833–6848, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c05822>.

GHISALBERTI, E. L. Propolis: A review. *Bee World*, v. 60, p. 59–84, 1979.

GOV.BR. Codex Alimentarius. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/codex-alimentarius> . Acesso em: 6 ago. 2025.

HU, F.-L.; BÍLIKOVÁ, K.; CASABIANCA, H.; DANIELE, G.; ESPINDOLA, F. S.; FENG, M.; GUAN, C.; HAN, B.; KRAKOVÁ, T. K.; LI, J.-K.; LI, L.; LI, X.-A.; ŠIMÚTH, J.; WU, L.-M.; WU, Y.-Q.; XUE, X.-F.; XUE, Y.-B.; YAMAGUCHI, K.; ZENG, Z.-J.; ZHENG, H.-Q.; ZHOU, J.-H. Standard methods for *Apis mellifera* royal jelly research. *Journal of Apicultural Research*, v. 56, n. 1, p. 1–68, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1286003>. Acesso em: 18 ago. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa pecuária municipal. 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/74>. Acesso em: 11 abr. 2025.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. Legislação. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro> . Acesso em: 11 abr. 2025.

ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM. 2025. Disponível em: <https://www.itis.gov>. Acesso em: 6 ago. 2025.

KERR, W. E. Sex determination in honey bees (*Apinae* and *Meliponinae*) and its consequences. *Brazilian Journal of Genetics*, v. 20, n. 4, dez. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84551997000400008>. Acesso em: 25 jul. 2025.

KING, L. E.; LEE, P. C.; DOUGLAS-HAMILTON, I.; FULLER, J.; BARRIERE, B. L.; PIZZINATO, M.; POITRAS, R.; WRIGHT, J.; DAHLMANN, C.; FUREY, J.; HENKEL, S.; VIGNE, N.; GRAHAM, J. Beehive fences as a multidimensional conflict-mitigation tool for farmers coexisting with elephants. *Conservation Biology*, v. 31, n. 4, p. 743-752, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/cobi.12898>. Acesso em: 1 ago. 2025.

KRELL, R. Value-added products from beekeeping. *FAO Agricultural Services Bulletin*, n. 124. Rome: Food and Agriculture Organization, 1996. Disponível em: <https://www.fao.org/3/w0076e/w0076e00.htm>. Acesso em: 1 ago. 2025.

LEMIUEX, B. M., KEUNEN, K. Formulating ‘Feel’: Beeswax to Naturally Transform Textures. *Cosmetics & Toiletries*, 29 mar. 2019. Disponível em: <https://www.cosmeticsandtoiletries.com/cosmetic-ingredients/sensory/article/21837356/formulating-feel-beeswax-to-naturally-transform-textures>. Acesso em: 2 set. 2025.

LUSTOSA, S. R.; GALINDO, A. B.; NUNES, L. C. C.; RANDOLPH, T. K.; OLIVEIRA, R.; D’ALMEIDA, L. F. P.; MONTEIRO, M. C. Própolis: atualizações sobre a química e a farmacologia. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 18, n. 3, p. 447-454, set. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2008000300020>. Acesso em: 29 ago. 2025.

MAGRINI G.A., JULIANO C., Methylglyoxal, the Major Antibacterial Factor in Manuka Honey: An Alternative to Preserve Natural Cosmetics? *Cosmetics*, v. 6, n. 1, art. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cosmetics6010001> . Acesso em: 4 set. 2025.

MARTINOTTI, S.; RANZATO, E. Honey, wound repair and regenerative medicine. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 9, n. 2, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/jfb9020034>. Acesso em: 30 ago. 2025.

MAQSUDLOU, A.; SADEGHI MAHOONAK, A.; MOHEBODINI, H.; KOUSHKI, V. *Stability and structural properties of bee pollen protein hydrolysate microencapsulated using maltodextrin and whey protein concentrate*. *Heliyon*, v. 6, n. 5, p. e03731, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03731>. Acesso em: 2 set. 2025.

MOREIRA, D. R. Apiterapia no tratamento de patologias. *Revista F@pcieñcia*, Apucarana-PR, v. 9, n. 4, p. 21–29, 2012. ISSN 1984-2333. Disponível em: https://www.fap.com.br/fap-ciencia/edicao_2012/004.pdf. Acesso em: 18 ago. 2025.

MEL.COM.BR. Coletor e a Apitoxina: a terapia do veneno das abelhas, 2020. Disponível em: <https://mel.com.br/coletor-de-apitoxina/> . Acesso em: 18 ago. 2025.

MILANI, L. F. *Obtenção de própolis, potencial tecnológico e aplicações industriais*. 2021. 77 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/33900>. Acesso em: 11 fev. 2025.

MUNDOECOLOGIA.COM.BR Animais/abelha-mandaguari-características, 2019. Disponível em: <https://www.mundoecologia.com.br/animais/abelha-mandaguari-caracteristicas/> . Acesso em: 18 ago. 2025.

NUNES, C.M.G. Evidência científica para o uso do mel farmacêutico no tratamento de feridas crónicas. Lisboa: Universidade de Lisboa, Faculdade de Farmácia, 2020. p. 11–12. Disponível em: <MICF_Carlos_Nunes.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

OLIVEIRA, A. Tudo o que você precisa saber sobre cera de abelha. Cursos a Distância CPT, 2025. Disponível em: <www.cpt.com.br/cursos-criacaodeabelhas/artigos/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-cera-de-abelha>. Acesso em: 22 mar. 2025.

PEIXOTO, D.M.; RIZZO, J.A.; SCHOR, D.; SILVA, A.R.; DE OLIVEIRA, D.C.; SOLÉ, D.; SARINHO, E. Uso do mel de abelha associado ao *Ananas comosus* (Bromelin) no tratamento da tosse irritativa aguda. *RPPED - ScienceDirect*, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rpped.2016.03.006>.

PEREIRA, D. S.; FREITAS, C. I. A.; FREITAS, M. O.; MARACAJÁ, P. B.; SILVA, J. B. A. da; SILVA, R. A. da; SILVEIRA, D. C. da. Histórico e principais usos da própolis apícola. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v. 11, n. 2, p. 1–21, abr./jun. 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1022907/1/Historico.pdf>. Acesso em: 5 set. 2025.

PEREIRA, F. de M.; SOUZA, B. de A.; LOPES, M. T. do R. *Criação de abelhas-sem-ferrão*. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2017. 31 p. (Folder / Folheto / Cartilha, CPAMN).

Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1079116> Acesso em: 5 set. 2025.

PULIDINDI, K.; AHUJA, K. Tamanho do mercado de mel - por tipo, por aplicativo e por canal de distribuição, previsão, 2025–2034, 2025. Disponível em: <Honey Market Size & Share, Growth Analysis Report 2025-2034>. Acesso em: 14 jul. 2025.

RANA, S.; SHARMA S.; KATARE C.; SHRIVATAVAV.; PRASAD GBKS. *Glycemic Response and Glycemic Index of Common Sweeteners and Honey Incorporated Products.* 2012. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/344924394_Glycemic_Response_and_Glycemic_Index_of_Common_Sweeteners_and_Honey_Incorporated_Products. Acesso em: 30 ago. 2025.

RANNEH, Y.; ZOU, X.; FANG, Y.; KYUNG, J.; MOHAMMAD, T.; LIN, H. Composition, functional properties and safety of honey: a review. *Journal of the American Bee Research*, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37209396/>. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.12720>. Acesso em: 18 ago. 2025.

REMOLINA, S. C.; HUGHES, K. A. Evolution and mechanisms of long life and high fertility in social insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 105, n. 51, p. 18831–18836, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11357-008-9061-4> . Acesso em: 14 set. 2025.

RENDUELLES, E.; MAURIZ, E.; SANZ-GÓMEZ, J.; GONZÁLEZ-PARAMÁS, A.M.; ADANERO-JORGE, F.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, C. Exploring Propolis as a Sustainable Bio-Preservative Agent to Control Foodborne Pathogens in Vacuum-Packed Cooked Ham. *Microorganisms*, v. 12, n. 5, p. 914, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/microorganisms12050914>. Acesso em: 1 set. 2025.

RODRIGUEZ, A. Tasks and Duties throughout the Life Cycle of a Worker Honey Bee. UF/IFAS Extension Miami-Dade County, 2022. Disponível em: <https://ufifas.extension.edu/tasks-and-duties-throughout-the-life-cycle-of-a-worker-honey-bee/> . Acesso em: 25 jul. 2025.

ROSA, A.A.; SOARES, J.P.G.; JUNQUEIRA, A.M.R.; ROSA, A.G. Panorama mundial comparativo da produção e qualidade de mel convencional e orgânico. 62º Congresso da SOBER, 2024. Disponível em: <AA-CPAC-SOARES-2024d.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

ROYAL LADY BEE. [Alimentado por mel](#). “Valores médios de mel no Brasil” Disponível em: <https://royalladybee.com/collections/melipona-honey> Acesso em: 24 julho 2025;

SAGONA, S.; COPPOLA, F.; GIANNACCINI, G.; BETTI, L.; PALEGO, L.; TAFI, E.; CASINI, L.; PIANA, L.; DALL'OLIO, R.; FELICIOOLI, A. Impact of Different Storage Temperature on the Enzymatic Activity of *Apis mellifera* Royal Jelly. *Foods*, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11203165>. Acesso em: 18 ago. 2025.

SALATINO, A.; TEIXEIRA, E.W.; NEGRIL, G.; MESSAGE, D. Origin and Chemical Variation of Brazilian Propolis. 2. ed. Cambridge: Oxford University Press, 2005. p. 33–38. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ecam/neh060>. Acesso em: 29 ago. 2025.

SANTOS, C.M.M.L. Análise da própolis verde brasileira na proliferação e viabilidade de células pulpares humanas. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Odontologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/38068>. Acesso em: 29 ago. 2025.

SANTOS JUNIOR, J. R. dos. Aplicação de cera de abelha em diferentes tecidos para elaboração de embalagens alimentícias. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agroindústria) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2021.

SANTOS, T.R.; SANTOS, J.M.; SANTOS, A.V.; SEVERINO, P.; LIMA, Á.S.; SOUTO, E.B.; ZIELIŃSKA, A.; CARDOSO, J.C. Development of a Protein-Rich By-Product by 2³ Factorial Design: Characterization of Its Nutritional Value and Sensory Analysis. *Molecules*, v. 27, n. 24, p. 8918, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules27248918>.

SAMANCI, A. E. T.; KEKEÇOĞLU, M. Development of a Cream Formulation Containing Bee Venom and Other Bee Products. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 21, n. 10, p. 4913–4920, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jocd.14891>. Acesso em: 18 set. 2025.

SARICAOGLU, F.T.; CINAR, A.; DEMIRCAN, H.; ORAL, R.A. Rheological and microstructural characterization of royal jelly at different temperatures. *J. Food Process Eng.*, 42(8), 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13285>.

SFORCIN, J.M.; CONTI, B.J.; SANTIAGO, K.B.; et al. Própolis e Geoprópolis: uma herança das abelhas. [S.l: s.n.], 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/363149783_Propolis_e_geopropolis_uma_heranca_das_abelhas. DOI: 10.7476/9788595461819. Acesso em: 22 mar. 2025.

SCHUMACHER, M.J.; SCHMIDT, J.O.; EGEN, N.B. Lethality of "killer" bee stings. *Nature*, v. 337, p. 413, 1989. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/337413a0>.

SOUSA, G.L. Composição e qualidade de méis de abelhas (*Apis mellifera*) e méis de abelhas Jataí (*Tetragonisca angustula*). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <Graziela_Leal_Sousa_Mestrado.pdf> . Acesso em: 24 jul. 2025.

STOJKO M.; WŁODARCZYK J.; SOBOTA M.; KARPETA-JARZĄBEK P.; PASTUSIAK M.; JANECZEK H.; DOBRZYŃSKI.; STARCZYNOWSKA G.; ORCHEL A.; STOJKO J.; BATORYNA O.; OLCZYK P.; KOMOSIŃSKA-VASSEV K.; OLCZYK K.; KASPERCZYK J. Biodegradable Electrospun Nonwovens Releasing Propolis as a Promising Dressing Material for Burn Wound Treatment. *Pharmaceutics* 2020, 12(9), 883; Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12090883> Acesso em: 17 ago. 2025.

SVEČNJAČ, L.; CHESSON, L.A.; GALLINA, A.; MAIA, M.; MARTINELLO, M.; et al. Standard methods for *Apis mellifera* beeswax research. *J. Apic. Res.*, v. 58, n. 2, p. 1–108, *Taylor & Francis*, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00218839.2019.1571556>. Acesso em: 17 ago. 2025.

SZULC, J.; MACHNOWSKI, W.; KOWALSKA, S.; JACHOWICZ, A.; RUMAN, T.; STEGLINSKA, A.; GUTAROWSKA, B. Beeswax-Modified Textiles: Method of Preparation and Assessment of Antimicrobial Properties. *Polymers*, v. 12, n. 2, art. 344, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/polym12020344> . Acesso em: 4 set. 2025.

TAUBE JÚNIOR, P. S., GOMES, V. V., OLIVEIRA, J. T. L. B., CORDOVIL, K. P. S., AZEVEDO, M. M. R., OLIVEIRA, Y. V. S., TAUBE, D. da R., SOUZA, S. G. B. de., SILVA, K. J. S., MIRANDA, E. R. de S. Discriminação entre méis de abelha (*Melipona* sp. e *Apis mellifera*) comercializados em Itaituba - PA. *Acta Amazonica*, [S.l.], v. 44, n. 2, p. 167–176, 2014. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/201102227.pdf?> . Acesso em: 4 set. 2025.

THEWANJUTIWONG, S., PHOKASEM, P., DISAYATHANOOOWAT T., JUNTRAPIROM, P., KANJANAKAWINKUL W., CHAIYANA W. *Development of Film-Forming Gel Formulations Containing Royal Jelly and Honey Aromatic Water for Cosmetic Applications*. *Gels*, v. 9, n. 10, art. 816, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/gels9100816> . Acesso em: 8 set. 2025.

TOFILSKI, A.; KAUR, H.; ŁOPUCH, S. Size and shape differences in fore wings of honey bee (*Apis mellifera*) queens, workers and drones. *J. Apic. Sci.*, v. 68, n. 1, 2024. DOI: <https://doi.org/10.2478/JAS-2023-0013>. Disponível em: Journal of Apicultural Science - Size and shape differences in fore wings of honey bee (*Apis mellifera*) queens, workers and drones. Acesso em: 06 ago. 2025.

TULLOCH, A.P. Cera de abelha – Composição e análise. *Mundo das Abelhas*, v. 61, n. 2, p. 47–62, 1980. DOI: <https://doi.org/10.1080/0005772X.1980.11097776>. Disponível em: BEESWAX - COMPOSITION AND ANALYSIS-Web of Science Core Collection. Acesso em: 17 ago. 2025.

VIDAL, M. de F. Mel natural: Cenário mundial e situação da produção na área de atuação do BNB. *Caderno setorial ETENE*, 2021. Disponível em: <2021_CDS_157.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

WEHBE, R.; FRANGIEH, J.; RIMA, M.; EL OBEID, D.; SABATIER, J.M.; FAJLOUN, Z. Bee venom: overview of main compounds and bioactivities for therapeutic interests. *Molecules*, v. 24, n. 16, p. 2997, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules24162997> . Acesso em: 18 ago. 2025.

WEI, X.; XIA, R.; WEI, C.; SHANG, L.; AN, J.; DENG, L. The Impact of Beeswax and Glycerol Monolaurate on Camellia Oil Oleogel's Formulation and Application in Food Products. *Molecules*, v. 29, n. 13, p. 3192, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules29133192> . Acesso em: 4 set. 2025.

YU, X.; TU, X.; TAO, L.; DADDAM, J.; LI, S.; HU, F. Royal Jelly Fatty Acids: Chemical Composition, Extraction, Biological Activity, and Prospect. *J. Funct. Foods*, v. 111, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105868>.