

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**Programa de Pós-graduação em Zootecnia**

**Gleydson Luiz de Oliveira Neto**

**EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE  
DA CERA DE ABELHAS *APIS MELLIFERA***

**Diamantina - MG**

**2022**

**Gleydson Luiz de Oliveira Neto**

**EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE  
DA CERA DE ABELHAS *APIS MELLIFERA***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Cleube Andrade Boari  
Coorientador: Rodrigo Diniz Silveira  
Coorientador: Lucas Lima Verardo

**Diamantina - MG  
2022**

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

O48 2022	<p>De Oliveira Neto, Gleydson Luiz EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE DA CERA DE ABELHAS <i>Apis mellifera</i> [manuscrito] / Gleydson Luiz De Oliveira Neto. -- Diamantina, 2022. 74 p. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Cleube Andrade Boari. Coorientador: Prof. Rodrigo Diniz Silveira. Coorientador: Prof. Lucas Lima Verardo.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Diamantina, 2022.</p> <p>1. Abelhas africanizadas. 2. Qualidade da cera. 3. Textura da cera. 4. Acidez da cera. 5. Saponificação da cera. I. Boari, Cleube Andrade. II. Silveira, Rodrigo Diniz. III. Verardo, Lucas Lima. IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. V. Título.</p>
-------------	---

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

Bibliotecário Rodrigo Martins Cruz / CRB6-2886  
Técnico em T.I. Thales Francisco Mota Carvalho



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**

**GLEYDSON LUIZ DE OLIVEIRA NETO**

**EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE DA CERA DE ABELHAS**  
*Apis mellifera*

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, nível de MESTRADO, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA

**Orientadora: Cleube Andrade Boari**

**Coorientadores: Rodrigo Diniz Silveira**

**Data de aprovação 25/02/2022.**

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** CLEUBE ANDRADE BOARI  
Data: 03/03/2022 12:08:32-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Cleube Andrade Boari - DZO/UFVJM

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RODRIGO DINIZ SILVEIRA  
Data: 04/03/2022 09:44:15-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Rodrigo Diniz Silveira - DZO/UFVJM

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** Monalisa Pereira Dutra Andrade  
Data: 03/03/2022 14:30:15-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Monalisa Pereira Dutra Andrade - ICT/UFVJM

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LUCAS LIMA VERARDO  
Data: 03/03/2022 14:23:54-0300  
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Lucas Lima Verardo - DZO/UFVJM

**DIAMANTINA - MG**

**2022**



*Dedico:*

*Aos meus ancestrais, antepassados, familiares, amigos, colegas e todos que vieram antes,  
mas por estarem abandonados a sorte não tiveram a oportunidade de estudar.*



## AGRADECIMENTOS

Deixem-me contar uma história. Sobre alguém que é fruto da política afirmativa de cotas raciais. Esse é um programa fundamental que nesse ano completa 10 anos de promulgação e será debatida a sua manutenção ou não. Um diamantinense entrou na universidade em 2013 como 6º colocado da lista de espera do SISU para o curso de zootecnia, na modalidade para negros de baixa renda vindos de escola pública, 31º colocado geral mais precisamente. Após a concluir o curso foi o primeiro colocado no processo seletivo para a pós-graduação, também em zootecnia, no ano de 2019. Mas o que mudou nesses seis anos e meio? Principalmente o acesso ao ensino a quem não tinha. Pesquisas realizadas pelo Instituto de Pesquisa Aplicada - IPEA demonstraram que os alunos cotistas possuem desempenho superior ou igual aos alunos não cotistas. Além disso, a evasão de alunos cotistas é menor do que não cotistas segundo a Procuradoria-Geral do Rio - PGRJ. Esse fato desmonta relatos equivocados de que houve uma piora na qualidade das universidades, pela política afirmativa de cotas raciais.

...

Como explicar o ensino remoto na maior pandemia da história da humanidade? Se somada ao pior governo da história do Brasil republicano? Não é nada simples essa conjuntura. Foi um momento complexo por não haver previsibilidade para absolutamente nada, assim o medo do desconhecido se tornou reclusão e cautela. Conhecer os colegas de pós-graduação apenas remotamente impossibilitou o surgimento de novas amizades, porém, houve muito aprendizado para a melhor adaptabilidade a essa nova fase e, mesmo com as perdas que tivemos e ainda seguimos tendo, criou-se uma rotina, fez-se do lar um local de atividades físicas e acadêmicas, fortaleceu-se os relacionamentos e um novo mundo surgiu das cordas e das páginas numeradas. Alguns velhos hábitos não se modificaram, mas a nova realidade fez com que a graduação vinda de carona se transformou em uma pós-graduação conquistada pela energia aplicada as pedaladas.

E "para não dizer que não falei das flores", o mestrado pela sua curta duração e dinâmica - diferentemente da graduação que citar alguns representaria o esquecimento de outros - traz a possibilidade de agradecer a todos. Por isso agradeço à Elizandra M. M. Gandini, que foi a primeira pessoa a me direcionar com a parte experimental da pesquisa e por toda a atenção e prontidão nesse tempo. Aos apicultores Rogério de Baixadão, Daniel Fernandes e Diego Cunha, pelo fornecimento da cera. À Cristina Moreira Bonafé e ao Sebastião Lourenço de A. Jr. pelo aceite ao convite para a suplência da defesa dessa



dissertação. Ao Marcio Schmiele e ao Abraão J. S. Viana, pelas dicas químicas. Ao Alexandre A. Rocha, pela disponibilidade ao empréstimo de reagentes. Ao Carlos A. G. Suzart, pela disponibilização do uso de seu laboratório. À Maraísa K. O. Fernandes pelo auxílio nas análises de cor. À Ana Fabrícia B. Magalhães, pela atenção, aceite da suplência de defesa e as dicas estatísticas sempre de grande valia. À adorável Tatiana Nunes Amaral, pelos direcionamentos, a atenção e todas as oportunidades dadas. À querida Elizângela Aparecida Saraiva, pela gentileza, atenção, disponibilidade para auxiliar, todas as explicações e conversas. Ao Lindomar Gomes Sousa, pelas explicações sobre a preparação de soluções e execução das análises, além da gentileza e atenção. Ao Ricardo Rodrigues, pelas dicas e prontidão. À incrível Nathália de Andrade Neves, pela disponibilidade em ajudar, pelas conversas e direcionamentos. À querida Monalisa P. D. Andrade, por abrir as portas do seu laboratório para a realização desse experimento, pela atenção, disponibilidade e prontidão com que sempre me atendeu. Ao nosso mentor Lucas Lima Verardo, que esteve sempre disponível para ajudar e iluminar as dúvidas; não só da estatística, seus programas e scripts; mas da vida acadêmica como um todo. Ao grande Rodrigo Diniz Silveira, pela paciência e orientação durante esse tempo, a disponibilidade e os "puxões de orelha", principalmente pela amizade e todas as conversas. E ao Cleube Andrade Boari, pela disponibilidade, pelo aceite da orientação em um tema tão novo e desafiador e pela ajuda na realização do experimento. Agradeço imensamente a todos vocês.

Vale ressaltar que todos vocês não tinham nenhuma obrigação em contribuir ou me ajudar, parte de vocês nem sequer me conhecia, mas estiveram disponíveis para auxiliar com as demandas durante toda a pós-graduação.

A Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação PRPPG - UFVJM pela concessão de bolsa durante parte do mestrado. Ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia - PPGZOO; ao Departamento de Zootecnia - DZO; a Associação de pós-graduandos da UFVJM - APG por essa oportunidade.

Por fim, e não menos importante, tenho a eterna gratidão à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, por ser a minha casa desde abril de 2013 e possibilitar a enorme mudança e crescimento em minha vida, me qualificar e graduar e, principalmente, desenvolver senso crítico, coletivo e de pertencimento.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

*"(...) quando descobri que a minha arma é o que a memória guarda (...)"*

Fernando Brant

(BRANT e NASCIMENTO, 1975)



## RESUMO

Para processar a cera produzida pelas abelhas *Apis mellifera*, desde a sua reciclagem nos favos até a confecção de revestimentos e lâminas, é demandada a utilização de calor por diferentes técnicas, como o banho-maria, uso de vapor e fervura em água. Entretanto, até onde se sabe, há mais ilações do que informações sobre os efeitos causados pelo uso desordenado do calor sobre esse produto. Considerando-se o exposto, esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes tempos e temperaturas de aquecimento sobre os parâmetros de qualidade da cera das abelhas, a saber, os parâmetros físicos de cor e textura e os parâmetros químicos de índice de acidez e saponificação. A cera empregada nesta pesquisa foi oriunda de opérculos do processamento do mel. O experimento foi desenvolvido utilizando a cera, inicialmente em temperatura ambiente, e aquecida em 65, 75, 85 e 95 °C pelos tempos de 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, respectivamente, dispostos em esquema fatorial 5 x 5. Nas análises de cor instrumental, os parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ), teor de vermelho ( $a^*$ ), teor de amarelo ( $b^*$ ) e a saturação (C) apresentaram interação significativa entre os fatores temperatura e tempo ( $P < 0,05$ ). A matriz de tonalidade (h) apresentou diferença entre os valores obtidos aos 65 °C em comparação aos 75 °C do fator temperatura ( $P < 0,05$ ). Na análise de textura, o parâmetro de dureza apresentou interação significativa entre os fatores temperatura e tempo ( $P < 0,05$ ). Por fim, nos parâmetros químicos, o índice de acidez apresentou interação significativa entre os fatores temperatura e tempo ( $P < 0,05$ ) e o índice de saponificação não teve diferenças dentro de cada fator e nem interação entre eles ( $P > 0,05$ ). Conclui-se que a mudança de coloração da cera não apresentou prejuízos ao produto. Não foi observado o aumento da dureza da cera das abelhas desde que ela seja aquecida por até 10 minutos, independentemente da temperatura. Aquecer a cera, independentemente da temperatura e do tempo de exposição não alterou os índices de acidez e saponificação.

**Palavras-chave:** Apicultura. Cor. Índice de acidez. Índice de saponificação. Textura.



## ABSTRACT

To process the wax produced by *Apis mellifera* bees, from its recycling in the combs to the manufacture of coatings and blades, the use of heat is required by different techniques, such as bain-marie, use of steam and boiling in water. However, as far as is known, there are more conclusions than information about the effects caused by the disorderly use of heat on this product. Considering the above, this research was conducted with the objective of evaluating the effects of different heating times and temperatures on the quality parameters of beeswax, namely, the physical parameters of color and texture and the chemical parameters of index, acidity and saponification. The wax used in this research came from honey processing caps. The experiment was carried out using the wax, initially at room temperature, and heated at 65, 75, 85 and 95 °C for 10, 20, 30, 40 and 50 minutes, respectively, arranged in a 5 x 5 factorial scheme. Instrumental color analyses, the parameters of luminosity ( $L^*$ ), red content ( $a^*$ ), yellow content ( $b^*$ ) and saturation ( $C$ ) showed a significant interaction between the temperature and time factors ( $P < 0.05$ ). The shade matrix ( $h$ ) showed a difference between the values obtained at 65 °C compared to 75 °C for the temperature factor ( $P < 0.05$ ). In the texture analysis, the hardness parameter showed a significant interaction between the temperature and time factors ( $P < 0.05$ ). Finally, in the chemical parameters, the acidity index showed a significant interaction between the temperature and time factors ( $P < 0.05$ ) and the saponification index had no differences within each factor or interaction between them ( $P > 0.05$ ). It is concluded that the change in color of the wax did not damage the product. No increase in the hardness of beeswax was observed as long as it was heated for up to 10 minutes, regardless of temperature. Heating the wax, regardless of temperature and exposure time, did not change the acidity and saponification indices.

**Keywords:** Acidity level. Beekeeping. Color. Saponification index. Texture.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
<b>2.1 As abelhas <i>Apis mellifera</i></b> .....	17
2.1.1 Origem do gênero <i>Apis</i> .....	17
2.1.2 Introdução do gênero <i>Apis</i> nas Américas.....	17
2.1.3 Africanização .....	18
2.1.4 Tempo presente .....	19
<b>2.2 A cera das abelhas <i>Apis mellifera</i></b> .....	19
2.2.1 Caracterização da cera de abelhas.....	19
2.2.2 Produção da cera pelas abelhas .....	19
2.2.3 Mudanças ocorridas naturalmente na cera .....	21
2.2.4 Mudanças causadas pelo processamento dos favos .....	22
2.2.5 Utilizações da cera e possíveis influências .....	23
2.2.6 Normativas vigentes e análises .....	24
2.2.7 Estudos realizados na cera com base nas análises químicas e físicas .....	24
<b>3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	26
<b>4 CAPÍTULO 1</b> .....	31
<b>4.1 Introdução</b> .....	31
<b>5 OBJETIVO</b> .....	33
<b>6 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	34
<b>6.1 Obtenção da cera, seleção e preparação das amostras</b> .....	34



<b>6.2 Técnicas para identificação dos parâmetros físicos da cera</b> .....	36
6.2.1 Cor instrumental .....	36
6.2.2 Textura.....	37
<b>6.3 Análises químicas</b> .....	38
6.3.1 Técnicas utilizadas na metodologia.....	38
6.3.2 Preparo das soluções.....	38
6.3.3 Índice de saponificação .....	39
6.3.4 Índice de acidez .....	40
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
<b>7.1 Parâmetros físicos</b> .....	44
7.1.1 Cor instrumental .....	44
7.1.2 Textura.....	51
<b>7.2 Parâmetros químicos</b> .....	54
7.2.1 Índice de acidez .....	55
7.2.2 Índice de saponificação .....	57
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	60
<b>9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	61
<b>10 ANEXOS</b> .....	65



## 1 INTRODUÇÃO

Muito antes do surgimento dos primeiros homínídeos as abelhas já habitavam o planeta terra, mas, posteriormente, com o início da evolução dos ancestrais humanos a interação entre esses dois seres não tardou a acontecer. Porque, em meados do período paleolítico superior os "Neanderthais", de forma predatória, já se alimentavam dos favos de mel das abelhas.

Daí em diante, além de alimento, a cera produzida por essas abelhas passou a fazer parte do cotidiano dos diversos povos, impérios e civilizações que se desenvolveram ao longo dos milhares de anos. Esse produto foi utilizado nos impérios Romano, Egípcio e Chinês, depois, no surgimento e consolidação do cristianismo. Mais além, para os reinos do oriente médio e da África negra ao período das grandes navegações espanho-lusitanas e no desenvolvimento das suas colônias.

A cera das abelhas atualmente está presente em diversos nichos industriais. Ela é fundamental para a apicultura racional pelo uso de lâminas de cera alveolada, mas não se restringe apenas a essa área. Visto que a cera das abelhas é bastante utilizada em outros nichos, principalmente como revestimentos em produtos alimentícios e frutas, aplicação que vem ganhando espaço no gênero alimentício. Para mais, ela já é um produto estabelecido para a confecção de revestimentos para comprimidos e demais sólidos químico-farmacêuticos. A cera também é consolidada como componente para a produção de maquiagens, esmaltes, pomadas.

Esse produto é composto basicamente por gorduras e é secretado pelas abelhas para a construção dos favos, opérculos e como componentes da própolis. Em temperatura ambiente a cera se apresenta sólida e conforme as abelhas a utilizam são adicionadas outras substâncias, como a seda e resquícios tegumentares. Esses componentes necessitam ser separados, posteriormente, para a sua utilização nos diversos nichos citados anteriormente. Desse modo, para que esse produto possa ser reciclado aplica-se calor, o que é feito por meio da aplicação de diferentes técnicas, como: a fervura em água, o vapor, banho-maria e pelo aquecimento solar. O emprego do calor tem intuito de derreter a cera e é feito tanto para o processamento dos favos, visando recuperá-la, quanto para fundi-la e confeccionar as lâminas e revestimentos.

Há normativas que recomendam níveis de parâmetros químicos que atestam a qualidade da cera, tanto pela aferição de possíveis adulterações quanto por processos de degradação, que, porventura, estejam em decorrência no produto. Ademais, há na literatura

algumas ilações que recomendam determinados procedimentos que visam evitar a perda da qualidade química e física da cera, entretanto, até onde se sabe, não há nenhum dado experimental confirmando essas ilações. Além de que, até onde se sabe não há nenhum precedente na literatura que relacione o aumento da temperatura de aquecimento e o tempo de exposição da cera ao calor com a, possível, perda da sua qualidade física e química. Vale ressaltar também que não há nenhum referencial na literatura descrevendo quais e os níveis recomendados de seus parâmetros físicos de qualidade. Por fim, na prática também não é registrado alterações que comprometam, posteriormente, a utilização da cera como matéria prima nos seguimentos já citados.

Contudo, tendo em vista a crescente utilização da cera como revestimentos e as possíveis perdas na qualidade física e química desse produto por uso do calor descontrolado, hipotetiza-se que a temperatura e o tempo de aquecimento poderiam interferir na qualidade da cera das abelhas *Apis mellifera*.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 As abelhas *Apis mellifera*

#### 2.1.1 Origem do gênero *Apis*

As abelhas do gênero *Apis* se originaram no continente Africano, de acordo com o que indicaram pesquisas utilizando SNP's - *Single nucleotide polymorphisms* (WHITFIELD, *et al.*, 2006). Essas abelhas, posteriormente, se expandiram para os continentes Asiático e Europeu (SHEPPARD *et al.*, 1997; SHEPPARD e MEIXNER, 2003). Devido à diversidade dos ambientes e biomas alcançados por essas abelhas houve grande variação intraespecífica, derivando-se em vinte e seis subespécies. Cada uma dessas subespécies expressou particularidades biológicas que se adaptaram a cada um dos ambientes onde elas evoluíram (RUTTNER, 1992; SHEPPARD *et al.*, 1997).

#### 2.1.2 Introdução do gênero *Apis* nas Américas

Os primeiros relatos sobre a introdução das abelhas *Apis mellifera* no continente americano teriam acontecido na região de Sete Povos das Missões, divisa entre Uruguai e Brasil, com a introdução de enxames trazidos por padres Jesuítas, provavelmente no século XVII (WIESE, 1986).

Entretanto, oficialmente, a chegada das abelhas *A. mellifera* ao continente americano se deu no século XIX, no estado da Guanabara, atual Rio de Janeiro, no Brasil. Foram enviadas abelhas da subespécie *A. mellifera mellifera*, provenientes do centro Europeu, para o Padre Antônio Carneiro Aureliano, no ano de 1839. O propósito da introdução dessa espécie exótica foi o interesse na cera produzida por esses insetos para a confecção de velas sacras, pois a cera das *A. mellifera* é esbranquiçada, diferentemente da cera produzida pelas espécies de abelhas nativas, as quais possuem coloração mais escura devido a incorporação de resina, argila e outros produtos (NOGUEIRA NETO, 1962; FRANCOY, 2007).

Com a inserção dessa subespécie desencadeou-se a importação de tantas outras como: *A. mellifera linguistica*, trazidas da Itália por Frederico Hanneman nas décadas de 70 e 80, do século XIX; *A. mellifera carnica*, de origem Austríaca; *A. mellifera caucasica*,

provenientes da Rússia; entre outras subespécies de origem Europeia que foram trazidas sem registro ou controle ao longo dos anos pós-introdução (WIESE, 1986).

### 2.1.3 Africanização

No período pós-introdução da *Apis mellifera*, a atividade se manteve por um longo período em estagnação, com irrisória produção de mel, o que em meados do século seguinte desencadeou preocupações e debates em torno desse problema, pois o Brasil, até então, era o país com melhores condições ambientais para o desenvolvimento da atividade apícola na América do Sul (KERR, 1967).

Em meados da década de 50, do século XX, mais precisamente em 1956, 117 anos após a introdução oficial das abelhas *A. mellifera* nas Américas, o professor Warwick Estevam Kerr, buscando estudar métodos os quais pode-se dizer hoje como seleção e melhoramento genético, com intuito de melhorar a produção de mel das abelhas, trouxe do continente Africano para a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ), em Piracicaba, a subespécie *A. mellifera scutellata*. Em 1957, devido ao desconhecimento do manejo apropriado dessa nova abelha e aos erros na colocação das "telas excludoras" nas colmeias ocorreu a enxameação de 26 enxames. Esse ocorrido revolucionou a atividade apícola brasileira, apesar dos percalços iniciais causados pelas dificuldades e desconhecimento do híbrido recém-formado, resultando em melhorias nos manejos e materiais utilizados e viabilizando profissionalmente a atividade apícola no país (WIESE, 1986; KERR, 1957; 1967).

A abelha híbrida se adaptou tão bem as condições ambientais do continente americano que na década de 90, do século XX, já haviam alcançado os Estados Unidos da América. Apenas as barreiras naturais e físicas, como a Cordilheira dos Andes, impediram a sua chegada e estabelecimento na porção central e norte do Chile; e as climáticas, que não permitiram o seu estabelecimento no sul Argentino e Patagônia, no norte dos Estados Unidos e Canadá, regiões estas onde ainda ocorre a presença de abelhas *A. mellifera* de origem puramente europeia (KERR; DE LEON DEL RIO e BARRIONUEVO, 1982; SUGDEN e WILLIAMS, 1990; DINIZ, *et al.*, 2003).

#### 2.1.4 Tempo presente

Hoje em dia a apicultura é praticada no Brasil como *hobby*, atividade recreativa, fonte de renda secundária e de forma profissional. Dentre os produtos oriundos desta atividade o mel é o mais popular e importante economicamente, porém, os demais tais como a cera, a própolis, o pólen, a geleia real e a apitoxina já ocupam espaço significativo no imaginário popular. Além dos produtos, a atividade apícola ainda fornece uma série de opções de prestação de serviços, podendo citar: a polinização, captura profissional de enxames, venda de rainhas, venda de enxames, dentre outros. Por isso a atividade apícola se faz presente, de algum modo, em todas as vinte e sete unidades federativas brasileiras (IBGE, 2020).

## 2.2 A cera das abelhas *Apis mellifera*

### 2.2.1 Caracterização da cera de abelhas

O Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA, mediante o Regulamento Técnico para a Fixação de Identidade e Qualidade de Cera de Abelhas – RTIQ, por meio da Instrução Normativa nº, 3 estabelece a sua caracterização como:

"(...) o produto de consistência plástica, de cor amarelada, muito fusível, secretado pelas abelhas para a formação dos favos nas colmeias" (BRASIL, 2001).

### 2.2.2 Produção da cera pelas abelhas

A cera apícola normalmente é produzida mais eficientemente por abelhas do 12º ao 18º dia de vida, porque nos primeiros dias de vida a energia disponível para essa via é canalizada para as glândulas mandibulares e hipofarigeanas, as quais excretam os componentes da geleia real. Porém, de acordo com a necessidade, as abelhas, independentemente da idade, podem produzi-la. Essa espécie possui quatro pares de glândulas cerígenas que estão presentes na parte ventral do abdômen e por onde a cera é secretada. Inicialmente, a cera se apresenta em estado líquido, mas, posteriormente, esse líquido se espalha nos tergos abdominais da abelha e, em contato com o ar, algumas substâncias se volatilizam deixando a cera em estado sólido na forma de pequenas escamas. Essas escamas formadas são compostas de uma ou várias secreções líquidas. (BRADBEAR, 2009).

Uma abelha operária pode produzir até oito escamas de cera a cada 12 horas e o tamanho desta escama varia de acordo com a sua idade. As escamas são maiores quando a abelha está no seu 12º dia de idade, apresentando cerca de 0,6 a 1,6 mm de tamanho e pesando cerca de 1,3 mg, porém, elas vão diminuindo conforme o envelhecimento desta abelha. Uma demonstração da eficiência do trabalho coletivo e da organização social das abelhas é a necessidade de cerca de um milhão de escamas para compor um quilo de cera em favos (COUTO e COUTO, 2006; BRADBPEAR, 2009).

O processo construtivo acontece pela união das abelhas pelas pernas mediais em aspecto de rede ou por aglomeração em ponto específico, dependendo da necessidade construtiva da colônia. Após a secreção e posterior solidificação, as abelhas capturam estas escamas com as pernas posteriores e as levam até as mandíbulas onde são misturadas com secreções salivares e moldadas para a construção do que seja necessário (COUTO e COUTO, 2006; BRADBPEAR, 2009).

A adição das secreções salivares além de agregar proteínas a este produto também fornecem compostos fenólicos, lípases e outros componentes minoritários que modificam a composição da cera no momento da moldagem (KURSTJENS *et al.*, 1985; BARROS; NUNES e COSTA, 2009). Estas secreções salivares representam cerca de 5% da cera após a moldagem pelas abelhas, porém, esses valores variam de acordo com o ambiente em que as abelhas estão nidificadas (BARROS; NUNES e COSTA, 2009).

A construção dos alvéolos ou células dos favos é em formato hexagonal, dispostos uniformemente e trabalhados em dois lados a partir de um eixo central, com inclinação variando de 9 a 13%. A composição química da cera pode variar de acordo com a origem da espécie, resultando em diferentes ceras nas abelhas europeias, africanas, asiáticas e híbridas. Por exemplo, a cera de *Apis mellifera* europeia é composta por mais de 300 componentes que podem ser resumidos em monoésteres (40,8%), hidrocarbonetos (14 - 16%), diésteres (7,4%), ácidos graxos livres (12 - 15%), hidroximonoésteres (9,2%), monoésteres (40,8%) e alcoóis (1%). Já a cera produzida pela abelha africana, *A. mellifera scutellata* compõe-se, sobretudo, de 15 a 18% de hidrocarbonetos, 45 a 55% de monoésteres, 15 a 18% de ácidos graxos livres, 1 a 2% de alcoóis e 5 a 10% em componentes menores (COUTO e COUTO, 2006; BARROS; NUNES e COSTA, 2009; KOSTER KEUNEN, 2010; MAIA e NUNES, 2013).



### 2.2.3 Mudanças ocorridas naturalmente na cera

Além das variações de composição da cera devido aos diferentes fatores genéticos, como os citados anteriormente, o ambiente em que esses insetos habitam também pode ser fator preponderante de mudanças, pois essas diferenças podem estar relacionadas com os fatores geográficos, alimentares e edafoclimáticos (CAÑAS e GÓMEZ, 1989; PONCINI; PONCINI e PRAKASH, 1993).

Com o passar do tempo de utilização dos favos pelas abelhas, a cera que se apresentava de tonalidade amarelo-esbranquiçada vai escurecendo. Isso acontece porque as abelhas depositam substâncias, tais como a própolis, utilizada na limpeza dos favos; a seda, oriunda do casulo pupal; resquícios das mudanças de instares e o material fecal das larvas das abelhas, que alteram sua cor (BRADBEAR, 2009). Além disso, os alimentos depositados pelas abelhas também podem conferir componentes a cera dos favos (KRIVTSOV e LEBEDEV, 1995).

A cera dos favos de colorações escuras tem quantidades de hidrocarbonetos saturados superior ao da cera presente nos favos esbranquiçados (BARROS; NUNES e COSTA, 2009). O processo de escurecimento faz com que a composição de hidrocarbonetos *n*-alcano da cera das abelhas seja alterado (NAMDARA *et al.*, 2007). O teor de hidrocarbonetos pares, como o docosanóico (C:22) e dotriacontanóico (C:32), são maiores na cera dos favos escuros em comparação aos claros, provavelmente pela adição de componentes citados anteriormente, em especial os resquícios de tegumentares das mudanças de instares que são absorvidos pela cera dos favos (BONVEHI e BERMEJO, 2012; MAIA e NUNES, 2013).

A manutenção da composição e, conseqüentemente, qualidade da cera das abelhas tem importância para os produtos apícolas, pois com a adição da própolis e demais substâncias aos favos, além deles poderem vir a ser absorvidos pelos produtos das abelhas, eles podem causar a rejeição dos favos por elas (MAIA e NUNES, 2013).

#### 2.2.4 Mudanças causadas pelo processamento dos favos

Para que se possa comercializar diretamente a cera ou fazer a troca dela por lâminas alveoladas é necessário processar os favos com o intuito de recuperar esse produto, que após a obtenção, passa a ser chamado de "cera bruta". Existem diversas técnicas físicas e químicas que são utilizadas para a obtenção dessa cera (BOGDANOV, 2012).

As técnicas podem causar alterações na composição química e estrutural das ceras. Os favos, quando processados por meio de técnicas de recuperação e purificação utilizando produtos químicos, principalmente solventes a base éter, podem gerar "cera bruta" com composição alterada, pois além de solubilizar a cera também solubilizam a seda, própolis e outros resíduos, não sendo possível separar os componentes de cada produto após o processo. Porém, essas técnicas são utilizadas ocasionalmente, em nível experimental (BOGDANOV, 2004; BOGDANOV, 2012).

Processamentos físicos baseados na aplicação de calor nos favos, de diversas formas, podem provocar mudanças consideráveis em sua composição, coloração e aspecto físico, dependendo da temperatura alcançada pela técnica e do tempo de aplicação. Nesse sentido, é recomendado processar a cera dos favos em cerca de 80 °C, pois nessa faixa de temperatura consegue-se o derretimento da cera com a manutenção dos seus parâmetros de qualidade (TULLOCH, 1973; BARROS; NUNES e COSTA, 2009; BOGDANOV, 2012).

De acordo com Barros; Nunes e Costa (2009), o processamento de favos por aquecimento durante 24 horas a 100 °C resultou na redução da fração de ácidos livres e aumento no teor de ésteres. Porém, foi visto que com o aquecimento a 150 °C, na mesma duração do ensaio anterior, ocasionou redução no teor de monoésteres de, aproximadamente, 50%. Essa redução ocorre, em parte, devido à polimerização dos ésteres insaturados. Observaram também a redução do teor de hidrocarbonetos em, aproximadamente, 65%, principalmente nos de cadeia insaturada. Resultado semelhante foi obtido quando a cera foi aquecida a 200 °C, por 3 horas.

Estruturalmente, a cera processada utilizando-se altas temperaturas e longos períodos de tempo podem se tornar mais escura, quebradiça e apresentar menor rendimento de extração (BERNAL *et al.*, 2005). A cera proveniente de favos processados por meio de técnicas de fervura, nas quais sejam utilizadas águas duras, salobras ou com teores minerais significativos pode apresentar aspecto esponjoso e pastoso; mesmo com a utilização de águas normais essa mudança pode ocorrer caso a temperatura exceda 90 °C (BOGDANOV, 2004).

Existem também técnicas de aplicação de produtos branqueadores e purificadores, tais como o peróxido de hidrogênio e hipoclorito de sódio, que podem degradar os componentes da cera de abelhas. Por isso, esses produtos devem ser cuidadosamente utilizados durante as técnicas devido ao alto poder degradante (BARROS; NUNES e COSTA, 2009). Por esse motivo, e também pelos resíduos químicos deixados na cera, atualmente essas práticas são consideradas dispensáveis e ineficazes (BONVEHI e BERMEJO, 2012).

### 2.2.5 Utilizações da cera e possíveis influências

A cera das abelhas inicialmente serviu como alimento juntamente com o mel para os ancestrais hominídeos e medicamento natural por cientistas na Grécia antiga, Império Chinês e povos indígenas (BELLÉS, 1997; HEAD, 2008). Mais tarde, foi utilizada na fabricação de velas e substância comburentes no Império Romano (CRANE, 1999; BOGDANOV, 2016); como ingrediente para o embalsamamento dos corpos no Império Egípcios e Povos Sumérios (BENSON *et al.*, 1978; RIT e BEHRER, 1999); e como produto mercantil no período das Grandes Navegações Luso-espanholas, entre diversas outras (GOMES, 2019).

Ainda hoje, mesmo com a concorrência das ceras de origem mineral e vegetal, esse produto mantém a sua importância comercial em diversas aplicações industriais. Vem tendo crescente utilização no nicho alimentício, sendo utilizada como revestimento em frutas, castanhas, produtos de confeitaria e grãos (BOGDANOV, 2016; NASRIN *et al.*, 2020). No seguimento tecnológico, se apresenta como isolante de componentes eletrônicos. Na indústria farmacêutica tem sido utilizada como revestimento de comprimidos e drágeas, e na indústria cosmética, como componentes de maquiagens e esmaltes. Por último, mas não menos importante, a sua fundamental participação na apicultura, com a fabricação de lâminas alveoladas utilizadas em substituição aos favos escurecidos para o manejo dos enxames (WITHERELL, 1975; BRADBPEAR, 2009; BOGDANOV, 2012; MOUSTAFA e ATIBA, 2015).

Tendo em vista a utilização da cera das abelhas nos nichos citados anteriormente, pode-se traçar um paralelo entre essas utilizações e as possíveis influências causadas pelas mudanças físicas nesse produto. A cera com aspecto quebradiço, ao que tudo indica, trará dificuldade para ser utilizada, porque seu uso se baseia em fina camada deste produto. Com a diminuição da sua plasticidade ocorrerá a redução de sua eficiência, como pode ser observado, por exemplo, no revestimento de frutas e produtos de confeitaria e na produção de

lâminas alveoladas. O mesmo questionamento pode-se expandir para as ceras que apresentem aspecto esponjoso e pastoso. Nesse sentido, deve-se entender melhor essas possíveis modificações e suas implicações, pois é importante não só aos pesquisadores e a comunidade acadêmica, mas também à indústria.

#### 2.2.6 Normativas vigentes e análises

Buscando manter um padrão de qualidade, diversos países e grupos comerciais possuem normativas que indicam os requisitos químicos que a composição da cera das abelhas *Apis mellifera* deve ter para que possa ser comercializada. No Brasil, a legislação vigente sobre as análises de qualidade da cera das abelhas está descrita na Portaria N° 1, de 07 de outubro de 1981, recebida pelo Regulamento Técnico para a Fixação de Identidade e Qualidade - RTIQ, "Cera de Abelhas", no Anexo 5 da Instrução Normativa n° 3, de 19 de janeiro de 2001. Nela, os requisitos físico-químicos são: solubilidade - insolúvel em água, solúvel em óleos vegetais, éter, clorofórmio e benzeno; índice de acidez de 17 a 24 mg KOH/g; índice de ésteres de 72 a 79; índice de relação ésteres e acidez de 3,3 a 4,2; ponto de saponificação turva de no máximo 65° C e ponto de fusão de 61° a 65° C (BRASIL, 2001). Por outro lado, algumas normativas internacionais sugerem a análise de índice de saponificação, a qual tem a faixa recomendada de 83 a 103 mg KOH/g (BPCS, 1993; RFE, 1997; USPC, 2000).

#### 2.2.7 Estudos realizados na cera com base nas análises químicas e físicas

Bernal *et al.* (2005), estudando ceras brancas e amarelas de origem espanholas após os processos de recuperação e purificação por técnicas de fervura e, posteriormente, realizando algumas das análises indicadas pelas normativas internacionais, obtiveram valores médios de índices de acidez de 18,5 e 19,3 mg KOH/g, respectivamente. Na análise do índice de saponificação foi encontrado, em média, 99,3 mg KOH/g em cera branca e 96,3 mg KOH/g em cera amarela.

Maia e Nunes (2013), trabalhando com ceras oriundas da apicultura portuguesa, obtiveram índice de saponificação de 90,0 mg KOH/g e índice de acidez de 18,9 mg KOH/g.

Velickova *et al.* (2013), estudando as propriedades e aplicações de revestimentos contendo cera de abelhas de origem portuguesa em morangos, obtiveram índice de acidez de 16,12 ( $\pm 1,2$ ) mg KOH/g e índice de saponificação de 92,02 ( $\pm 1,56$ ) mg KOH/g.

Santos (2015) observou em amostra brasileiras de cera proveniente de opérculos índice de acidez de 17,0 mg KOH/g e índice de saponificação 606,74 mg KOH/g.

Müller *et al.* (2018), estudando as propriedades de solidificação e aplicações de diferentes ceras vegetais e de abelha sem origem definida como revestimento de sólidos, obtiveram 0,2039 Kg/mm<sup>2</sup> na análise de dureza.

Nenhum dos trabalhos citados anteriormente levou em consideração as possíveis influências do tempo de exposição ao calor que porventura essas ceras sofreram.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, A. I. R. N. A.; NUNES, F. H. F. N.; COSTA, M. M. F. **Manual de boas práticas na produção de cera de abelhas**. FNAP. Lisboa, 2009. 52 p.

BELLÉS, X. Los insectos y el hombre prehistórico. **Boletín de la S.E.A. - Los Artrópodos y el Hombre**, n. 20, p. 319-325. 1997.

BENSON, G. G.; HEMINGWAY, S. R.; LEACH, F. N. Composition of the wrappings of an ancient Egyptian mummy. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, Suppl 30, 1978. 78 p.

BERNAL, J. L.; JIMENEZ, J. J. ; DEL NOZAL, M. J.; TORIBIO, L. ; MARTIN, M. T. Physico-chemical parameters for the characterization of pure beeswax and detection of adulterations. **European journal of lipid science and technology**. v. 107, n. 3, p. 158-166, 2005.

BOGDANOV, S. Beeswax: quality issues today, **Bee World**, v. 85, n. 3, p. 46-50, 2004.

BOGDANOV, S. **Beeswax: Production, Properties Composition and Control**. Beeswax Book, Chapter I. Bee Product Science. Muehlethurnen, Switzerland, 15 January , 2012. 18 p. URL: [www.bee-hexagon.net](http://www.bee-hexagon.net)

BOGDANOV, S. **Beeswax: History, Uses and Trade**. Beeswax Book, Chapter II. Muehlethurnen, Switzerland: Bee Product Science. 2016. 17 p. URL: [www.bee-hexagon.net](http://www.bee-hexagon.net)

BONVEHI, J. S.; BERMEJO, F. J. O. Detection of adulterated commercial Spanish beeswax. **Food Chemistry**, v. 132, p. 642–648, 2012.

BRADBEAR, N. **Bees and their roles in forest livelihoods**. A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. FAO, Rome, 2009. 194 p.

BRASIL, Instrução Normativa n.3, de 19 de janeiro de 2001. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de apitoxina, cera de abelha, geléia real, geléia real liofilizada, pólen apícola, própolis e extrato de própolis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, p.18-23, Brasília, 23 de jan. de 2001.

BPCS, **British Pharmacopoeia Commission Secretariat**, Vol. 1. HMSO, London (UK), 1993. p. 65.

CAÑAS, S.; GÓMEZ, A. Características físico-químicas de la cera de abejas producida en España. **Alimentación, equipos y tecnología**. v. 5–6, p. 213–216, 1989.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: Manejo e Produtos**. 3 ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2006. 193 p.

CRANE, E. **The world history of beekeeping and honey hunting**. New York and Oxon: Routledge - Taylor and Francis Group, 1999. 682 p.

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

FRANCOY, T. M. Variabilidade genético – morfológica em populações neotropicais de *Apis mellifera*. (**Tese de Doutorado**), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, SP, Brasil, 2007. 163 p.

GOMES, L. **Escravidão: Do primeiro leilão de cativos em Portugal até a morte de Zumbi dos Palmares, Volume 1**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Globo Livros. 2019. 479 p.

HEAD, R. J. A brief survey of ancient near eastern beekeeping. **Farms Review**, v. 20, n. 1, 2008. 12 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa pecuária municipal**. COAGRO/PEC. Diretório de pesquisas - DPE. Out. 2020. 32 p.

KERR, W. E. Introdução de abelhas africanas no Brasil, **Brasil Apícola**. v. 3, p. 211-213, 1957.

KERR, W. E. The history of introduction of African bees to Brazil, **South African Bee Journal**. v. 39, p. 3-5, 1967.

KERR, W. E., DE LEON DEL RIO, S; BARRIONUEVO, M. D. The southern limits of the distribution of the Africanized honey bee in South America. **American Bee Journal**. v. 122, p. 196-198, 1982.

KOSTER KEUNEN, L. L. C. **Waxes, beeswax, natural wax**. Bladel, The Netherlands: Koster Keunen Holland BV, 2010.

KRIVTSOV, N; LEBEDEV, V. **Beekeeping products**. 2<sup>nd</sup> ed. (In Russian). Stereotype M., Niva, Russia; Eurasian region, 1995. 252 p.

KURSTJENS, S. P.; HEPBURN, H. R.; SCHOENING, F. R. L.; DAVIDSON, B. C. The conversion of wax scales into comb wax by African honeybees. **Journal of Comparative Physiology** v. 156, p. 95-102, 1985.

MAIA, M.; NUNES, F. M. Authentication of beeswax (*Apis mellifera*) by high-temperature gas chromatography and chemometric analysis. **Food Chemistry**, London, v. 136, n. 2, p. 961-968, 2013.

MOUSTAFA, A.; ATIBA, A. The Effectiveness of a Mixture of Honey, Bees wax and Olive Oil in Treatment of Canine Deep Second-Degree Burn. **Global Veterinaria**, Egypt, v. 14, p. 244-250, 2015.

MÜLLER, M. G.; LINDNER, J. A.; BRIESEN, H.; SOMMER, K.; FOERST, P. On the properties and application of beeswax, carnauba wax and palm fat mixtures for hot melt coating in fluidized beds. **Advanced Powder Technology**. v. 29, p. 781-788, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.appt.2017.12.020>



NAMDARA, D.; NEUMANN, R.; SLADEZKID, Y.; HADDADE, N.; WEINER, S. Alkane composition variations between darker and lighter colored comb beeswax. **Apidologie**, v. 38, p. 453–461, 2007.

NASRIN, T. A. A.; RAHMAN, M. A.; ARFIN, M. S.; ISLAM, M. N.; ULLAH, M. A. Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage. **Journal of Agriculture and Food Research**. v. 2, 2020. 7 p.

NOGUEIRA NETO, P. The beginning of beekeeping in Brazil. **Boletim de Agricultura (Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo)**. p. 5-14, 1962.

PONCINI, L.; PONCINI, A.; PRAKASH, D. The effects of washing on the fluorescent impurities and chemical properties of Fijian beeswax from *Apis mellifera* L. **Apiacta**, v. 28, p. 42–51, 1993.

RFE - **Royal Spanish Pharmacopoeia**. Ministry of Health. (In Spanish). Madrid, p. 615-616, 1997.

RIT, T.; BEHRER, R. **Beeswax through the ages**. Bladel: Koster Keunen Holland BV. 1999.

RUTTNER, F. **Naturgeschichte der Honigbienen**. Ehrenwirth, Munich. 1992. 357 p.

SANTOS, K. C. Combinações de análises físico-químicas e técnicas analíticas para detecção da parafina à cera de *Apis mellifera* Linnaeus. (**Dissertação de mestrado**) Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG. 2015. 59 p.

SHEPPARD, W. S.; ARIAS, M. C.; GRECH, A.; MEIXNER, M. D. *Apis mellifera ruttneri*, a new honey beesubspecies from Malta, **Apidologie**, v. 28, p. 287–293. 1997.

SHEPPARD, W. S.; MEIXNER, M. D. *Apis mellifera pomonella*, a new honey bee subspecies from Central Asia. **Apidologie**, v. 34, p. 367–375. 2003.

SUGDEN, E. A; WILLIAMS, K. R. October 15: the day the bee arrived. **Gleanings in bee culture**. v. 119, p. 12-21, 1990.

TULLOCH, A. P. Factors affecting analytical values of beeswax and detection of adulteration. **Journal American Oil Chemists Society**. v. 50, p. 269–272, 1973.

USPC, **United States Pharmacopoeial Convention, Inc. National Publishing**. National Formulary, 2000. 2537 p.

VELICKOVA, E.; WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S.; ALVES, V. D.; MOLDÃO-MARTINS, M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. **LWT - Food Science and Technology** v. 52, p. 80-92, 2013.  
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>

WIESE, H. **Nova apicultura**. 7º ed., Porto Alegre, Agropecuária, 1986. 493 p.

WHITFIELD, C. W. BEHURA, S. K.; BERLOCHER, S. H.; CLARK, A. G.; JOHNNSTON, J. S.; SHEPPARD, W. S.; SMITH, D. R.; SUAREZ, A. V.; WEAVER, D.; TSUTSUI, N. D. Thrice out of Africa: Ancient and recent expansions of the honey bee, *Apis mellifera*. **Science**, v. 314, p. 642-645, 2006.

WITHERELL, P.C. Other products of the hive. In: DADANT & SON. **The hive and the honeybee**. 4ª ed. Hamilton, Illinois, p.537-557, 1975.

## 4 CAPITULO 1

### EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO DE AQUECIMENTO NA QUALIDADE DA CERA DE ABELHAS *APIS MELLIFERA*

#### 4.1 Introdução

A cera das abelhas *Apis mellifera* sempre teve grande importância histórica, estando presente junto à evolução da raça humana perante as grandes civilizações, tais como a Egípcia, Romana, Chinesa, África Subsaariana, Grega e Sumeriana. Mais tarde, a cera passou a ser um produto mercantil nas grandes navegações portuguesas e espanholas (CRANE, 1999; GOMES, 2019). Ainda hoje, a cera permanece sendo amplamente utilizada, pois tem papel fundamental para os apicultores no manejo produtivo dos enxames. Além disso, tem importante destaque na indústria farmacêutica, agroalimentar, eletroeletrônica e cosmética (WITHERELL, 1975; BRADBEAR, 2009; BOGDANOV, 2012; MOUSTAFA e ATIBA, 2015; NASRIN *et al.*, 2020).

A cera é constituída, principalmente, de misturas complexas de hidrocarbonetos parafínicos, ácidos graxos livres, diésteres, ésteres de ácidos graxos e alcoóis. Ela é produzida pelas abelhas para construção dos favos, opérculos e como componente da própolis (TULLOCH, 1980; COUTO e COUTO, 2006).

Os favos, inicialmente, são constituídos unicamente de cera, porém, com as subsequentes utilizações deles pelas abelhas, vão sendo adicionadas e absorvidas outras substâncias, tais como: a própolis, resquícios de alimentos, a seda do casulo da pupa, resquícios tegumentares de ecdises e excreções larvais. Essas substâncias, além de alterar a composição química da cera, podem retê-la em parte, num processo de absorção mútua entre as mesmas e a cera (KRIVTSOV e LEBEDEV, 1995; COUTO e COUTO, 2006; BRADBEAR, 2009; BOGDANOV, 2012).

Como visto anteriormente, a composição da cera dessas abelhas, além de poder variar de acordo o tempo de utilização pelas abelhas, pode variar também de acordo com a subespécie de abelhas *A. mellifera* e as condições ambientais no local de nidificação (BARROS; NUNES e COSTA, 2009).

Para recuperar e purificar a cera dos favos existem técnicas químicas e físicas de processamento. As químicas se baseiam na aplicação de solventes e são utilizadas em nível

experimental. Já as físicas, amplamente utilizadas pelos apicultores e baseadas na aplicação de calor por diversas formas, visam derreter a cera dos favos e recuperá-la posteriormente (BRADBEAR, 2009; BOGDANOV, 2012). Essas técnicas realizadas sem controle efetivo da temperatura e do tempo de processamento podem resultar na perda das propriedades da cera, modificando a sua composição, aparência e estado físico (BARROS; NUNES e COSTA, 2009).

## 5 OBJETIVO

Esta pesquisa foi conduzida com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação de diferentes temperaturas e tempos de aquecimento em relação aos parâmetros de qualidade físicas e químicas da cera de abelhas *Apis mellifera*.

## 6 MATERIAL E MÉTODOS

Essa pesquisa foi realizada na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, campus JK em Diamantina - MG. O experimento foi dividido em três etapas: preparação das amostras, análises dos parâmetros físicos e análises dos parâmetros químicos da cera. A obtenção e seleção das amostras se deu de outubro de 2019 a fevereiro de 2021 e a preparação das amostras e as demais análises ocorreram de abril a agosto de 2021.

### 6.1 Obtenção da cera, seleção e preparação das amostras

O material utilizado foi composto por opérculos de cera de abelhas *Apis mellifera*, provenientes do processamento de mel. A escolha desse tipo de cera foi devido a mesma não ter sofrido nenhum tipo de processamento prévio, ou seja, as suas características químicas e físicas estavam preservadas. Os opérculos foram fornecidos por apicultores parceiros da região do Alto Jequitinhonha. Previamente aos testes, os opérculos foram limpos em água corrente, secos ao ar e, posteriormente, homogeneizados (Figura 1).

Figura 1 - Opérculos de cera: A) secagem após a limpeza; B) homogeneização dos opérculos pré amostragem



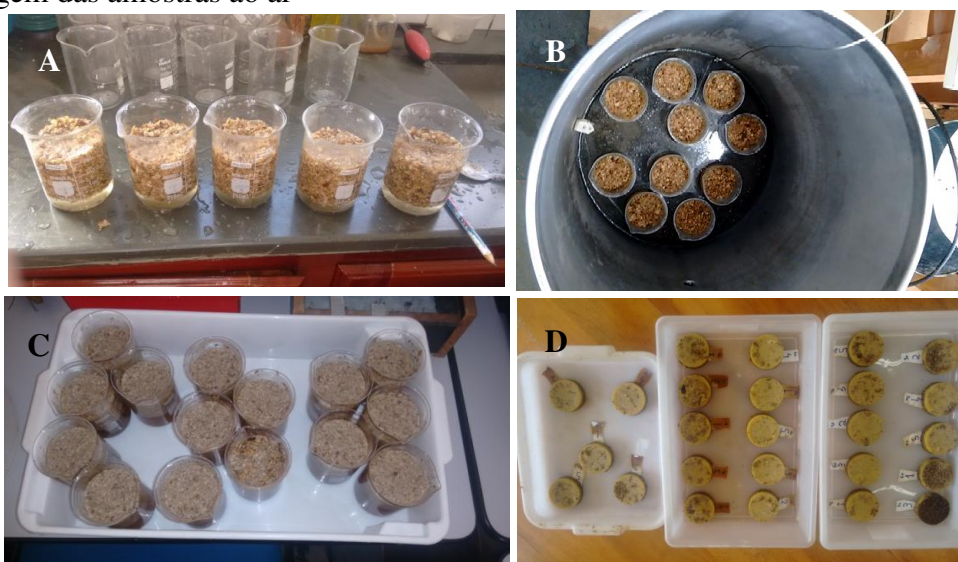
Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

Para avaliar a influência da temperatura de aquecimento em diferentes tempos de exposição, na qualidade da cera de abelhas *A. mellifera*, os opérculos de cera foram aquecidos

a 65, 75, 85 e 95 °C, em períodos de 10, 20, 30, 40 e 50 minutos, respectivamente. Cada combinação de temperatura e tempo representou um tratamento, o qual foi composto por cinco repetições e cada repetição por amostras de 40 g de opérculos. A testemunha, na mesma quantidade de repetições e peso de amostra, foi obtida a partir da manutenção das amostras de opérculos em temperatura ambiente (cerca de 22 °C).

Cada amostra de opérculos foi colocada individualmente em "béqueres" de vidro com capacidade de 250 mL que, posteriormente, foram preenchidos com água tratada (ANEXO F) e, em seguida, aquecido em banho-maria, com temperatura controlada por termostato. O tempo de exposição foi cronometrado a partir do momento em que a amostra de cera atingiu a temperatura desejada. Ao atingir os primeiros 10 minutos foram retirados cinco recipientes, e assim foi feito sucessivamente ao atingir 20, 30, 40 e 50 minutos. Essa técnica foi replicada utilizando as temperaturas de 75, 85 e 95 °C, respectivamente. Após retirados, os recipientes esfriaram em temperatura ambiente (Figura 2). Essa metodologia foi desenvolvida na UFVJM por esta equipe, exclusivamente, para a realização destes experimentos. Essa etapa foi realizada no Laboratório de Cera do Departamento de Zootecnia.

Figura 2 - Aquecimento das amostras: A) amostras juntamente com a água em béquer de 250 mL; B) amostras em banho-maria; C) amostras esfriando em temperatura ambiente; D) secagem das amostras ao ar



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

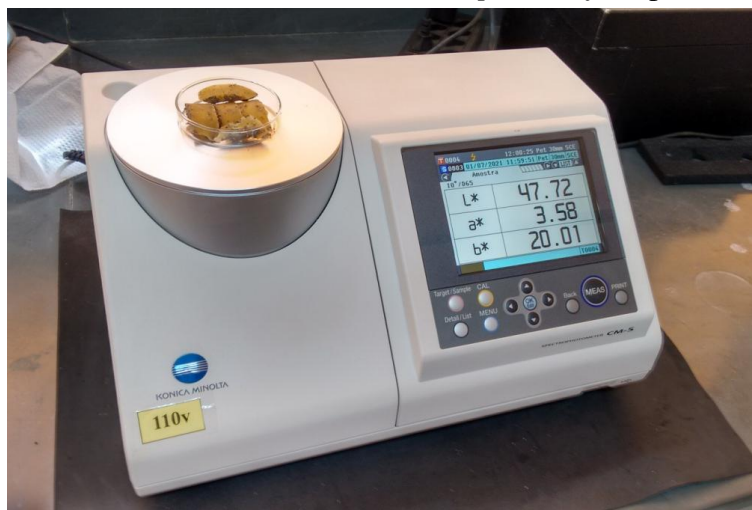
## 6.2 Técnicas para identificação dos parâmetros físicos da cera

### 6.2.1 Cor instrumental

A cor instrumental foi avaliada utilizando o colorímetro "Konica Minolta", modelo CR-400, com abertura de porta em 8 mm, iluminante D 65 e ângulo de 10° para o observador no modo de luz especular excluída (SCE). Foi utilizado o sistema "CIELAB" e, por meio dele foram avaliados os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C e h, equivalentes à luminosidade, teor de vermelho, amarelo, saturação e tonalidade, respectivamente (VAN LAACK *et al.*, 2000). A metodologia da análise de cor da cera foi criada com base na metodologia de cor instrumental de carnes, por que, até onde se sabe, não há na literatura pesquisas avaliando a cor da cera dessas abelhas. Deste modo, o equipamento foi calibrado e, em seguida, as amostras de cera foram colocadas, individualmente, em placas de Petri, de forma que a mesma preenchesse por completo o fundo da placa. Posteriormente, estas placas foram levadas ao leitor do equipamento para a detecção dos valores (Figura 3). A cada análise foi realizada a limpeza da placa.

As análises de cor instrumental foram realizadas no Laboratório de Matérias Primas Alimentícias do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT).

Figura 3 - Análise de cor instrumental da cera de *Apis mellifera* por meio do colorímetro



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

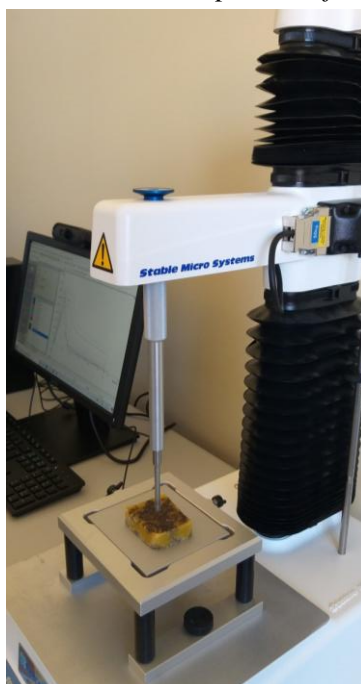


### 6.2.2 Textura

A análise do perfil de textura foi realizada utilizando o Texturômetro ("*Stable Micro Systems, Text Plus Express*"), com o *software Exponent Stable Micro Systems*, por meio da sonda N° P/5, força de 150 g, tempo de 5 segundos, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0, 2,0 e 10,0 mm/s, respectivamente. Nele foi obtido o parâmetro de dureza (Kg) via a análise de Força absoluta positiva aplicada nas amostras de cera. O equipamento foi preparado para executar a incisão na amostra com a função "*Return to start*" e o modo "*Measure distance in compression*". Todas essas premissas seguiram a programação de análises de dureza em ceras, as quais estão presentes no *software* do equipamento. Elas seguiram o padrão da ASTM - *Standard method D937-92* (MÜLLER *et al.*, 2018). As amostras foram adequadas à forma de paralelepípedo, com altura de 12 mm, comprimento de 50 mm e largura 40 mm. Após as adequações, em temperatura ambiente, as amostras foram colocadas, individualmente, na plataforma do texturômetro para a incisão da sonda (Figura 4). A cada incisão a sonda e a plataforma foram limpas.

As análises de textura foram realizadas no Setor de Ciência e Tecnologia dos Produtos de Origem Animal - CTPOA do Departamento de Zootecnia.

Figura 4 - Análise de dureza da cera de *Apis mellifera* por meio do texturômetro



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

## 6.3 Análises químicas

### 6.3.1 Técnicas utilizadas na metodologia

As técnicas oficiais de análises de gorduras e óleos estadunidense, AOAC (1990) e espanholas, AMF (1999), SOMA (1993) juntamente com as sugestões de Bernal *et al.* (2005), para a realização do rito analítico; e da NBR 15513 - ABNT (2008), para a observância do ponto de virada das titulações; foram utilizadas como base para a metodologia executada nesse trabalho.

A análise de ponto de fusão não foi realizada, pois ela se aplica apenas para a detecção de adulterantes na cera.

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Carnes e Derivados do Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT).

### 6.3.2 Preparo das soluções

A solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 4 M (mol/L), integrante da análise de índice de saponificação, foi padronizada utilizando uma solução de biftalato de potássio (KPH) de 0,5 M (mol/L).

Para a padronização da solução aquosa de ácido clorídrico (HCl) 0,5 M (mol/L), requerida para a análise de índice de saponificação, foi utilizada uma solução aquosa de hidróxido de sódio (NaOH) 0,2 M (mol/L).

Utilizou-se uma solução aquosa de biftalato de potássio (KPH) 0,02 M (mol/L) para realizar a padronização da solução metanólica de hidróxido de sódio (NaOH) 0,05 M (mol/L), utilizada na análise de índice de acidez. A padronização foi feita por duas vezes, em intervalos de 15 dias, para corrigir as mudanças que, porventura, viriam a ocorrer na solução com a volatilização do metanol ao passar dos dias. Foi verificado, após os 15 dias, que as mudanças no padrão da solução não ocorreram.

### 6.3.3 Índice de saponificação

A reação de saponificação ocorre em situações de aquecimento em meio aquoso, desde que tenha a presença de uma base forte em solução. Com a ocorrência dessa reação ocorrerá a formação de glicerol, sais alcalinos e ácidos graxos via hidrólise alcalina.

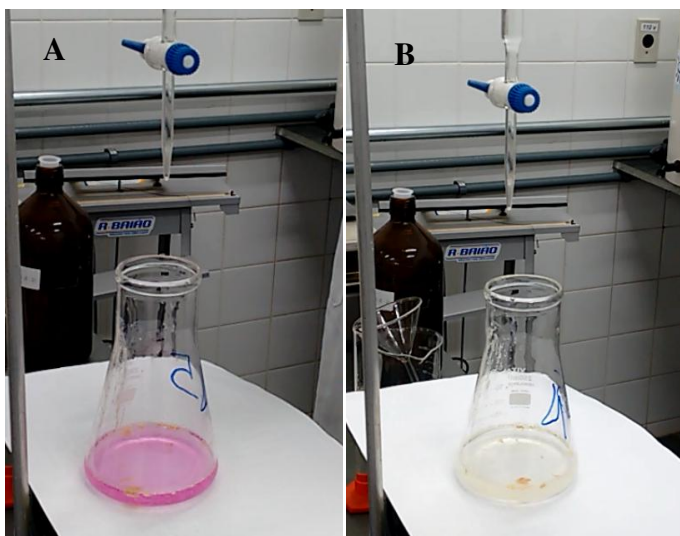
A análise de índice de saponificação se deu da seguinte forma: em balança analítica (precisão 0,001g) foi pesada uma amostra de 0,3g ( $\pm 0,003$ ) de cera que, em seguida, foi colocada em um tubo de ensaio com tampa de rosca e adicionado 4 mL de solução aquosa de NaOH 4 M (mol/l), por meio de pipeta volumétrica (10 mL). Após a adição, o tubo foi fechado e levado para a estufa a 100 °C, durante 1 hora. Paralelamente, foram acondicionadas em outra estufa as vidrarias e a água destilada que, posteriormente, foram utilizadas na titulação para completar a análise. Depois da retirada do tubo da estufa, o seu conteúdo, ainda quente, foi vertido em um Erlenmeyer de 125 mL, pré-aquecido. Em seguida, 5 mL de água destilada aquecida foi utilizada para enxaguar o interior do tubo e este líquido foi vertido juntamente a solução já presente no Erlenmeyer. Duas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% foram utilizadas como indicador. Essa solução foi titulada com uma solução aquosa de HCl 0,5 M (mol/L), com agitação manual, até que a solução colorida atingisse o ponto de virada, que foi translúcido (período mínimo de 30 segundos). A titulação em branco também foi realizada (Figura 5). O índice de saponificação (mg KOH/g) foi calculado da seguinte maneira:

$$IS = 56,1 \times M (V_B - V_S / P)$$

Onde:

- IS - Índice de saponificação;
- 56,1 - Massa molar do KOH em g/mol;
- M - Molaridade da solução aquosa de HCl em mol/L;
- V<sub>b</sub> - Volume gasto na titulação do branco em mL;
- V<sub>s</sub> - Volume gasto na titulação da amostra em mL;
- P - Peso da amostra de cera em g.

Figura 5 - Titulação com HCl na análise de índice de saponificação: A) solução em cor rosa no início da titulação; B) solução translúcida após a "virada" ao fim da titulação



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

#### 6.3.4 Índice de acidez

A acidificação da cera se dá pela hidrólise dos componentes da cera (hidrocarbonetos, mono, di e triésteres, entre outros) por ação de enzimática (enzimas presentes naturalmente ou adicionadas). A quebra dos triglicerídeos das cadeias dos componentes da cera geram ácidos graxos livres no meio, tornando, por consequência, o produto mais ácido e revelando o início do processo de degradação.

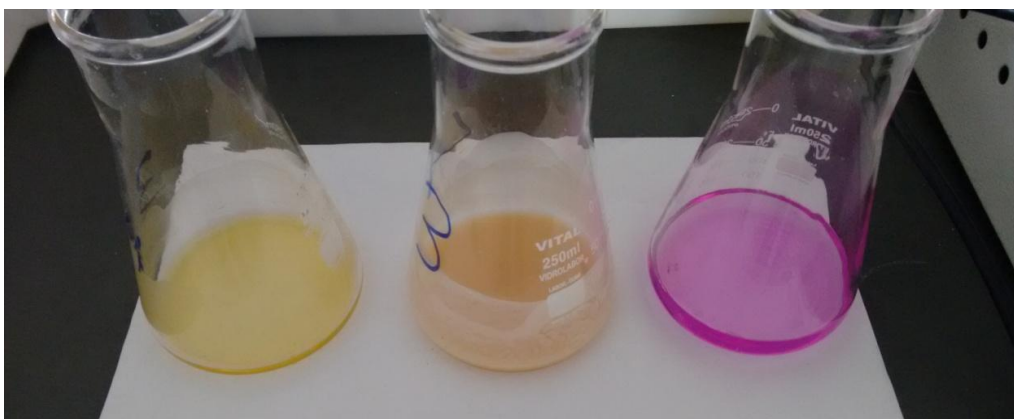
Para a determinação do índice de acidez pesou-se, com o auxílio de balança analítica (precisão 0,001g), a alíquota de 1 g ( $\pm 0,004$  g) de cera, a qual, em seguida, foi adicionada a um Erlenmeyer de 250 mL juntamente a 50 mL de clorofórmio. Posteriormente, foi utilizado o banho ultrassônico para auxiliar a dissolução completa da cera em clorofórmio, por aproximadamente 12 minutos. Duas gotas de solução alcoólica de fenolftaleína a 1% foram utilizadas como indicador. Na titulação, utilizou-se solução metanólica de NaOH 0,5 M (mol/L). Por intermédio de agitação manual, a solução de clorofórmio e cera que inicialmente era amarelada chegou à cor rosa no ponto de virada, depois de cerca de 30 segundos (Figura 6). A titulação em branco também foi realizada. O cálculo do índice de acidez (mg KOH/g) se deu do seguinte modo:

$$IA = 56,1 \times M (V_B - V_S/P).(-1)$$

Sendo:

- IA - Índice de acidez;
- 56,1 - Massa molar do KOH em g/mol;
- M - Molaridade da solução metanólica de NaOH em mol/L;
- V<sub>b</sub> - Volume gasto na titulação do branco em mL;
- V<sub>s</sub> - Volume gasto na titulação da amostra em mL;
- P - Peso da amostra de cera em g.

Figura 6- Ponto de virada do amarelado para o rosa na titulação da análise do índice de acidez



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

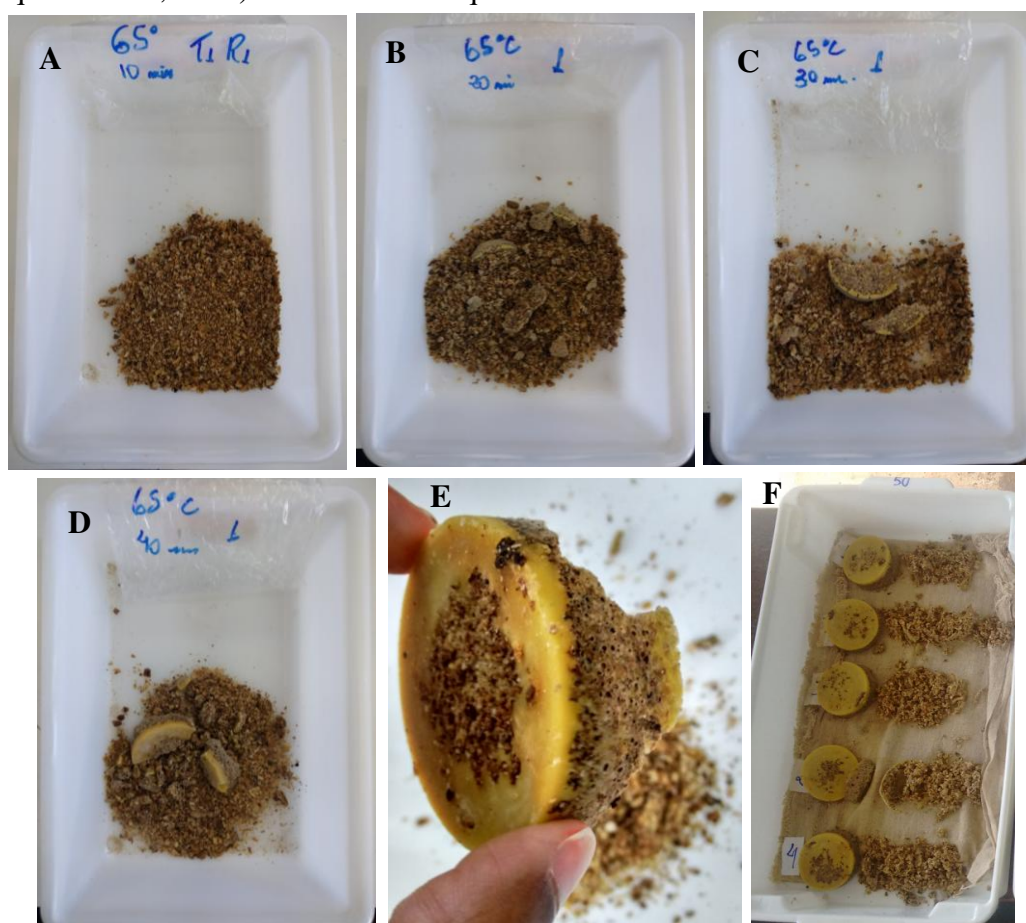
Os experimentos foram dispostos em esquema fatorial 5 x 5 (temperatura x tempo), excetuando a análise de dureza da cera que foi apresentada como fatorial 3 x 5 (temperatura x tempo), uma vez que apenas as amostras dos tratamentos de 75, 85 e 95 °C se fundiram por completo, e assim, foram passíveis à aplicação do teste de textura. Para as análises estatísticas foi utilizado o programa "R" (R CORE TEAM, 2020). Inicialmente, os dados foram testados quanto à independência dos erros, via o teste de *Durbin-Watson*; a normalidade, pelo teste de *Shapiro-Wilk*; a homogeneidade de variância, pelo teste de *Bartlett*; e a aditividade pelo *Tukey one's test*; ambos a 5% de significância. Após a conferência das pressuposições, onde elas foram atendidas, realizou-se a análise de variância (ANOVA) via pacote *ExpDes* (FERREIRA; CAVALCANTI e NOGUEIRA, 2014) e, para as comparações das médias dos tratamentos foi utilizado o teste de *Tukey* a 5% de significância. Onde não foram atendidas as pressuposições fez-se o teste não paramétrico *Scheirer-Ray-Hare* (SRH). Esse teste é uma extensão do *Kruskal-Wallis*, o qual é realizado calculando uma

estatística H (SCHEIRER; RAY e HARE, 1976). Nos casos em que houve interação significativa ( $H < 0,05$ ), a comparação das médias foi realizada utilizando o teste de *Dunn* de comparações múltiplas de pares (DUNN, 1964). Desta forma possibilitou-se a detecção de um efeito estatisticamente significativo dentro dos fatores tempo e temperatura.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a metodologia de aquecimento da cera utilizada nesse trabalho foi possível observar que a temperatura de 65 °C, independentemente do tempo de aquecimento, não foi suficiente para fundir as amostras de cera por completo. No tempo de 10 minutos, a cera não apresentou nenhum indicativo de derretimento. Aos 20 minutos, surgiram alguns aglomerados de flocos de cera. Aos 30 minutos, além dos aglomerados, iniciou-se um princípio de derretimento. Aos 40 e 50 minutos, o processo de derretimento aconteceu, entretanto, de forma parcial em menor e maior proporção, respectivamente (Figura 7).

Figura 7 - Amostras de cera não fundidas na temperatura de 65 °C: A) 10 minutos de aquecimento; B) 20 minutos de aquecimento; C) 30 minutos de aquecimento; D) 40 minutos de aquecimento; E - F) 50 minutos de aquecimento



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

De acordo com o Regulamento Técnico para a Fixação de Identidade e Qualidade de cera de abelhas - RTIQ por meio da IN n° 3 Brasil (2001) e de Bogdanov (2012), os quais

indicam que o seu ponto de fusão varia de 61 a 65 °C. Outros autores também indicam pontos de fusão diferentes, como Couto e Couto (2006) e Barros, Nunes e Costa (2009) que afirmaram que a temperatura de fusão pode variar de 62 a 65 °C. Da mesma forma, Bradbear (2009) afirma que a cera das abelhas tem ponto de fusão de 64,5 °C.

De acordo com os experimentos aqui realizados, para se fundir completamente as amostras de cera de abelhas a 65 °C seria necessário tempo de aquecimento superior aos 50 minutos. Contudo, fatores como a origem vegetal e edafoclimático do local de nidificação das abelhas e, conseqüentemente, produção da cera podem explicar essa diferença. Isso ocorre porque esses fatores influenciam diretamente o tipo de recurso produzido pelas plantas e, conseqüentemente, os produzidos pelas abelhas. Além disso, excetuando Couto e Couto (2006) que é um livro brasileiro, mas que utiliza referências estrangeiras para descrever o perfil da cera das abelhas, toda literatura citada anteriormente é originária ou baseada no continente Europeu. Ademais, foram observadas diferenças entre as proporções dos componentes lipídicos entre as ceras produzidas pelas abelhas *Apis mellifera* europeias em comparação com a abelha *A. mellifera scutellata* africana (BARROS; NUNES e COSTA, 2009; KOSTER KEUNEN, 2010; MAIA e NUNES, 2013). Nesse sentido, se é fato que a abelha africanizada brasileira é oriunda da hibridização entre as espécies desses dois continentes citados anteriormente, a cera produzida por essas abelhas tende a ser diferente do produto de suas ancestrais. Contudo, não é possível afirmar que a cera das abelhas africanizadas possui um ponto de fusão diferente do descrito na literatura, uma vez que tal análise não foi realizada no presente experimento e também a completa fusão das amostras de cera pode ser dependente da quantidade (peso) da mesma.

## **7.1 Parâmetros físicos**

### **7.1.1 Cor instrumental**

Na Tabela 1 são apresentados os resultados referentes a cor instrumental. Nela pode ser observado que os parâmetros de luminosidade ( $L^*$ ), teor de vermelho ( $a^*$ ), amarelo ( $b^*$ ) e saturação (C) apresentaram interação significativa entre os fatores temperatura:tempo ( $P < 0,05$ ).



Tabela 1 - Cor instrumental de cera de abelhas *Apis mellifera* aquecidas por diferentes temperaturas e tempos de exposição, sendo eles L\* = Luminosidade, a\* = teor de vermelho, b\* = teor de amarelo, C = saturação e h = tonalidade

Fatores	P valor				
	Cor instrumental				
	L*	a*	b*	C	h
Temperatura	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*	0,0000*
Tempo	0,2070	0,1866	0,4375	0,4315	0,5003
Temperatura:Tempo	0,0421*	0,0004*	0,0020*	0,0020*	0,8025

\* Os valores apresentam ao menos uma diferença significativa pelo teste não paramétrico *Scheirer-Ray-Hare* a 5% via ANOVA.

Fonte: AUTOR (2022).

No parâmetro tonalidade ("h") não houve interação entre os fatores temperatura:tempo ( $P > 0,05$ ), porém ele apresentou, ao menos, uma diferença entre os valores no fator temperatura ( $P < 0,05$ ).

Os parâmetros de cor instrumental estudados e analisados em conjunto conforme os seus desdobramentos e as suas comparações par a par são apresentados numericamente na Tabela 2 e em valores de p nos Anexos A e B. No parâmetro de luminosidade (L\*), a comparação par a par dos valores do fator tempo dentro do fator temperatura não apresentou diferença significativa em quaisquer comparação entre eles ( $P > 0,05$ ). Já quando se comparou, par a par, o fator temperatura dentro do fator tempo apenas no período de tempo de 30 minutos não houve diferença entre as temperaturas ( $P > 0,05$ ).

Tabela 2 - Desdobramentos da interação entre os fatores para os valores (médias e respectivos desvios padrão) dos parâmetros de cor instrumental em cera de abelhas *A. mellifera* aquecidas em diferentes temperaturas e tempos de exposição, sendo eles L\* = Luminosidade, a\* = teor de vermelho, b\* = teor de amarelo e C = saturação

Cor instrumental						
Parâmetro	Tempo (minutos) **	Temperatura (°C) *				
		Ambiente	65	75	85	95
L*	10	63,65 ± 1,03 a, A	48,99 ± 1,96 abc, A	42,04 ± 1,18 b, A	48,7 ± 1,46 abc, A	45,81 ± 2,98 c, A
	20	63,68 ± 0,83 a, A	52,21 ± 1,49 ab, A	49,93 ± 1,14 ab, A	51,28 ± 1,5 ab, A	46,25 ± 2,55 b, A
	30	62,4 ± 1,62 a, A	47,23 ± 1,51 a, A	48,53 ± 0,57 a, A	50,4 ± 1,02 a, A	48,85 ± 4,24 a, A
	40	62,22 ± 1,8 a, A	44,32 ± 0,56 b, A	46,37 ± 3,64 ab, A	50,42 ± 1,99 ab, A	51,48 ± 3,28 ab, A
	50	62,31 ± 1,1 a, A	44,39 ± 2,17 b, A	49,74 ± 1,1 ab, A	48,42 ± 4,98 ab, A	52,41 ± 2,99 ab, A
a*	10	4,41 ± 0,2 a, A	4,74 ± 0,43 a, A	3,75 ± 0,47 a, A	4,9 ± 0,26 a, A	3,8 ± 0,55 a, A
	20	4,65 ± 0,42 a, A	3,63 ± 0,16 a, A	5,12 ± 0,45 a, AB	4,78 ± 0,22 a, A	4,5 ± 1,28 a, A
	30	4,72 ± 0,43 a, A	4,4 ± 0,27 a, A	5,23 ± 0,38 a, AB	4,89 ± 0,23 a, A	3,9 ± 0,87 a, A
	40	4,44 ± 0,49 a, A	5,19 ± 0,29 a, A	5,4 ± 0,48 a, AB	4,51 ± 0,17 a, A	3,99 ± 0,8 a, A
	50	4,42 ± 1,1 ab, A	4,21 ± 0,27 ab, A	5,94 ± 0,32 a, B	3,9 ± 0,86 ab, A	3,54 ± 0,35 b, A
b*	10	25,08 ± 0,47 a, A	18,4 ± 0,31 a, A	17,21 ± 2,01 a, A	25,77 ± 1,63 a, A	21,68 ± 3,33 a, A
	20	25,61 ± 0,99 a, A	16,93 ± 0,2 a, A	28,62 ± 0,99 a, B	24,24 ± 0,95 a, A	23,97 ± 2,56 a, A
	30	25,2 ± 0,9 a, A	17,84 ± 0,63 a, A	25,49 ± 1,39 a, ABC	26,64 ± 1,35 a, A	21,08 ± 0,91 a, A
	40	24,59 ± 1,78 a, A	18,88 ± 0,62 a, A	24,66 ± 5,08 a, ABC	24,59 ± 2,38 a, A	21,9 ± 1,75 a, A
	50	25,27 ± 0,8 ab, A	19,28 ± 2,18 a, A	31,1 ± 1,62 b, C	20,21 ± 4,45 ab, A	20,44 ± 2,52 ab, A
C	10	25,46 ± 0,46 a, A	19,0 ± 0,4 a, A	17,62 ± 2,01 a, A	26,23 ± 1,63 a, A	22,01 ± 3,37 a, A
	20	26,03 ± 1,04 ab, A	17,31 ± 0,23 a, A	29,08 ± 1,03 b, B	24,71 ± 0,9 ab, A	24,4 ± 2,76 ab, A

<b>30</b>	25,64 ± 0,97	18,38 ± 0,67	26,02 ± 1,43	27,09 ± 1,33	21,45 ± 1,01
	a, A	a, A	a, ABC	a, A	a, A
<b>40</b>	24,99 ± 1,84	19,58 ± 0,67	25,26 ± 5,04	25,0 ± 2,36	22,27 ± 1,79
	a, A	a, A	a, ABC	a, A	a, A
<b>50</b>	25,65 ± 0,83	19,74 ± 2,13	31,67 ± 1,63	20,59 ± 4,5	20,75 ± 2,48
	abc, A	a, A	b, C	abc, A	c, A

\* Valores seguidas por letras minúsculas iguais na linha as temperaturas não se diferem dentro do tempo correspondente a nível de 5% pelos desdobramentos do teste de *Dunn*.

\*\* Valores seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna os tempos não se diferem dentro da temperatura correspondente a nível de 5% pelos desdobramentos do teste de *Dunn*.

Fonte: AUTOR (2022).

No período de tempo de 10 minutos, a comparação entre as temperaturas ambiente, 75 e 95 °C se mostraram diferentes ( $P < 0,05$ ), porém, elas não se diferenciaram das demais faixas de temperatura ( $P > 0,05$ ). Houve diferença entre a temperatura ambiente e a de 95 °C no período de tempo de 20 minutos ( $P < 0,05$ ), entretanto em comparação as demais faixas de temperatura não foram observadas diferenças ( $P > 0,05$ ). Por fim, aos 40 e 50 minutos, a temperatura ambiente se diferenciou dos 65 °C ( $P < 0,05$ ), mas, em comparação as demais faixas temperaturas não houve diferença ( $P > 0,05$ ).

As comparações par a par entre os valores obtidos no teor de vermelho (a\*) mostraram, no fator tempo dentro do fator temperatura, que na faixa de temperatura de 75 °C os períodos de tempo de 10 e 50 minutos foram diferentes ( $P < 0,05$ ), mas em comparação aos demais períodos de tempo elas não se diferiram ( $P > 0,05$ ). Nas demais faixas de temperaturas avaliadas dentro desse parâmetro de cor não houve diferença entre os valores comparados ( $P > 0,05$ ). Quando se avaliou o fator temperatura dentro do fator tempo no teor de vermelho observou-se, no período de tempo de 50 minutos, que a temperatura de 75 °C foi diferente dos 95 °C ( $P < 0,05$ ), mas elas não se diferiram das demais faixas de temperaturas ( $P > 0,05$ ). Nos demais períodos de tempo não houve diferença nas comparações entre os valores obtidos em cada faixa de temperatura ( $P > 0,05$ ).

No teor de amarelo (b\*), as comparações par a par dos valores do fator temperatura dentro do fator tempo mostraram, no período de tempo de 50 minutos, que houve diferenças entre as temperaturas de 65 e 75 °C ( $P < 0,05$ ), porém, elas foram semelhantes às demais faixas de temperaturas ( $P > 0,05$ ). Dentro dos demais períodos de tempo não houve diferenças entre as faixas de temperaturas comparadas ( $P > 0,05$ ). Já quando se observou o fator tempo dentro do fator temperatura viu-se que, na faixa de temperatura de 75 °C, os períodos de tempo de 10, 20 e 50 foram diferentes ( $P < 0,05$ ), mas em comparação aos demais

períodos de tempos não foram observadas diferenças ( $P>0,05$ ). Ainda dentro do fator tempo, as demais faixas de temperaturas estudadas não apresentaram diferenças entre os períodos de tempos comparados ( $P>0,05$ ).

Nas comparações par a par entre os valores obtidos pela saturação ("C") pode-se observar que no fator temperatura dentro do fator tempo, aos 20 minutos, as faixas de temperaturas de 65 e 75 °C se diferiram ( $P<0,05$ ), entretanto elas não se diferenciaram das demais faixas de temperaturas ( $P>0,05$ ). No período de tempo de 50 minutos, as faixas de temperaturas de 65, 75 e 95 °C se diferenciaram ( $P<0,05$ ), mas elas foram semelhantes às demais faixas ( $P>0,05$ ). Nos demais períodos de tempo, as comparações entre as faixas de temperaturas dentro do período tempo foram semelhantes ( $P>0,05$ ). Quando se observou o fator tempo dentro do fator temperatura, na faixa de temperatura de 75 °C, os períodos de tempo de 10, 20 e 50 minutos se diferiram ( $P<0,05$ ), entretanto eles foram semelhantes aos demais períodos ( $P>0,05$ ). Nas demais faixas de temperatura não foram vistas diferenças entre as comparações dos valores dos períodos de tempo estudados ( $P>0,05$ ).

A tonalidade (h) não apresentou interação significativa entre os fatores tempo:temperatura, entretanto, houve diferença na comparação entre os valores do fator temperatura conforme os seus desdobramentos e as suas comparações par a par como o demonstrado numericamente na Tabela 3 e em valores de p no Anexo C. Os valores obtidos por meio da tonalidade mostraram que a faixa de temperatura de 65 °C foi inferior as demais faixas de temperatura avaliadas ( $P<0,05$ ). Por outro lado, as demais faixas de temperatura estudadas foram semelhantes ( $P>0,05$ ).

Tabela 3 - Valores (médias e respectivos desvios padrão) do parâmetro tonalidade (h) da cor instrumental em cera de abelhas *A. mellifera* aquecidas em diferentes temperaturas independentemente do tempo de exposição

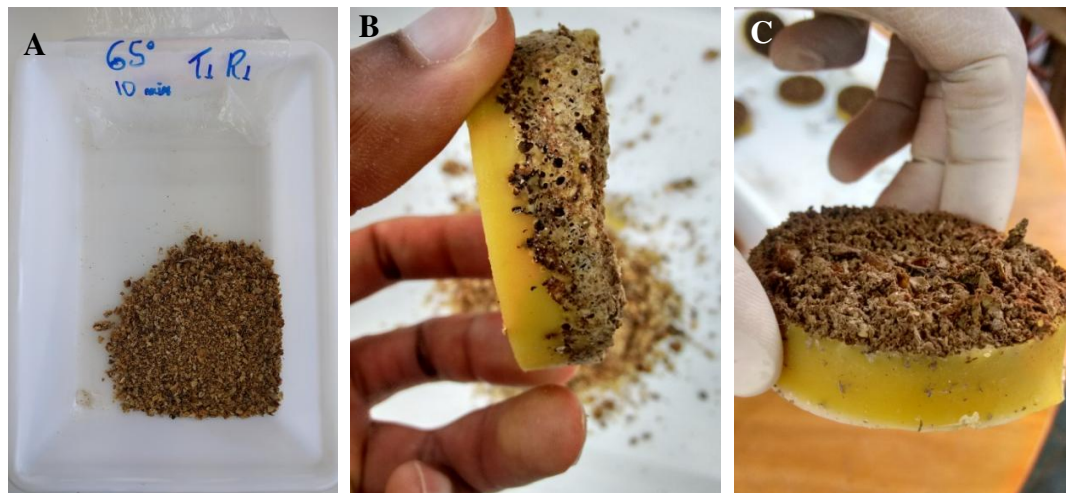
<b>Cor instrumental</b>	
<b>Temperaturas (°C)</b>	<b>h</b>
Ambiente	79,8 ± 0,53 b
65	76,36 ± 1,49 a
75	78,48 ± 1,52 b
85	79,23 ± 0,93 b
95	79,77 ± 1,47 b

\*Valores seguidas por letras minúsculas iguais na coluna as temperaturas não se diferem pelos desdobramentos do teste de *Dunn* a nível de 5%.

Fonte: AUTOR (2022)

A mudança de coloração da cera, segundo os dados obtidos, não pode ser explicada por ação do tempo de exposição ao calor sobre os pigmentos da cera, pois, até onde se sabe, não há precedente na literatura detalhando se a cor é dada por esses possíveis pigmentos e nem quais são eles. O que foi observado e pode ser explicado é a influência da forma física da cera na sua coloração, isso porque os opérculos possuem formato de floco de estrutura bastante delgada e coloração amarelo-esbranquiçada. Mas, conforme a cera se funde por completo forma-se uma estrutura aglutinada e coesa e homoganeamente amarelada. Assim, acredita-se que a mudança da coloração se deu por esse motivo, ou seja, a fusão dos flocos formando um bloco coeso (Figura 7).

Figura 7 - Mudança de coloração da cera: A) flocos de cera; B) flocos parcialmente fundidos; C) cera completamente fundida



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021)

O parâmetro de luminosidade ( $L^*$ ) apresentou redução nos seus valores, quando se comparou as temperaturas dentro do tempo. Excetuando os valores obtidos no período de tempo de 30 minutos, os demais apresentaram pontos de mudança no parâmetro de luminosidade quando comparada a temperatura ambiente com as demais temperaturas (comparação atenuada principalmente aos 65 e 95 °C). Essa mudança se relaciona com o momento quando a cera se liquefez por completo, fato ocorrido nesse trabalho aos 75 °C.

No teor de vermelho ( $a^*$ ) observou-se uma estabilidade na maioria dos valores, excetuando um ponto de mudança no parâmetro dentro dos 50 minutos com a redução desse teor dos 75 °C para os 95 °C.

O teor de amarelo ( $b^*$ ) foi o parâmetro que mais se destacou em mudanças, inclusive ele foi perceptível a olho nu, como já citado anteriormente. Os tempos de exposição dentro da temperatura de 75 °C apresentaram dois pontos de mudança no parâmetro: dos 10 para os 20 minutos e, deste para 50 minutos. Nesse último ocorreu uma atenuante mudança na coloração, provavelmente por essa faixa de temperatura ser, nesse experimento, o momento da fusão da cera. Portanto, esse fato explica porque as mudanças de coloração na cera ocorreram, principalmente, na faixa de temperatura em que ela se funde, ou seja, foi quando o teor de amarelo se mostrou mais sensível à temperatura e o tempo de exposição ao calor.

As mudanças na saturação (C) foram semelhantes as que ocorreram no teor citado anteriormente.

Por fim, a tonalidade (h) apresentou um ponto de mudança no parâmetro: da temperatura 65 °C para 75 °C. Vale salientar que essas mudanças no teor dos parâmetros de cor se relacionaram, principalmente, com o momento em que a cera se fundiu.

Desse modo, os fatos observados nos parâmetros de cor instrumental da cera divergem do que indicou Bernal *et al.* (2005), pois de acordo com eles a cera deveria passar por um processo de escurecimento quando aquecida em temperaturas elevadas, porém, o que de fato constatou-se nesse trabalho foi uma mudança de tonalidade ocasionada pela fusão do produto.

Todavia, sem definir quais seriam eles, Barros, Nunes e Costa (2009), apontaram a perda dos parâmetros de qualidade da cera das abelhas quando a mesma fosse aquecida acima de 80 °C, mas nesse experimento a coloração da cera não foi prejudicada, pois as mudanças de coloração, ao que se constatou, não representaram danos a cera, muito pelo contrário, a coloração amarelada é muito bem-vista pelo mercado apícola.

#### 7.1.2 Textura

Como a cera utilizada nas análises são provenientes de opérculos, por motivos técnicos não se aplicou a execução dos ensaios de textura quando não houve derretimento total deles e a formação de discos de cera. Desse modo, foram testadas as amostras submetidas às temperaturas de 75, 85 e 95 °C.

Na análise de textura, o parâmetro de dureza apresentou interação significativa entre os fatores temperatura:tempo ( $P < 0,05$ ) pelo teste F a 5% via análise de variância. Os dados obtidos por meio desse parâmetro em cera de abelhas *Apis mellifera* aquecidas por diferentes temperaturas e tempos são apresentados na Tabela 4. De acordo com os desdobramentos da interação entre os fatores temperatura:tempo, no período de tempo de 10 minutos as temperaturas de 85 e 95 °C não se diferenciaram ( $P > 0,05$ ), entretanto, elas foram superiores a temperatura de 75 °C ( $P < 0,05$ ).

Tabela 4 - Desdobramentos da interação entre os fatores para os valores da dureza (média e respectivos desvios padrão) em cera de abelhas *A. mellifera* aquecidas em diferentes temperaturas e tempos de exposição

<b>Dureza (Kg/mm - Força absoluta positiva)</b>			
<b>Tempo (minutos) **</b>	<b>Temperatura (°C) *</b>		
	<b>75</b>	<b>85</b>	<b>95</b>
<b>10</b>	10,02 ± 0,91 B, b	14,53 ± 1,79 A, a	13,04 ± 0,83 B, a
<b>20</b>	13,35 ± 0,87 A, b	13,15 ± 2,22 A, b	16,62 ± 1,48 A, a
<b>30</b>	13,91 ± 0,5 A, ab	12,73 ± 1,04 A, b	15,66 ± 1,99 A, a
<b>40</b>	13,97 ± 2,29 A, b	12,91 ± 1,51 A, b	17,45 ± 0,71 A, a
<b>50</b>	14,89 ± 1,36 A, ab	13,28 ± 1,28 A, b	16,98 ± 1,52 A, a

\* Médias seguidas por letras minúsculas iguais na linha as temperaturas não se diferem dentro do tempo correspondente a nível de 5% pelos desdobramentos do teste de *Tukey*.

\*\* Médias seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna os tempos não se diferem dentro da temperatura correspondente a nível de 5% pelos desdobramentos do teste de *Tukey*.

Fonte: AUTOR (2022).

Na temperatura de 95 °C, a dureza foi superior às temperaturas de 85 e 75 °C ( $P < 0,05$ ) nos períodos de tempo de 20 e 40 minutos, por outro lado, nesses mesmos tempos os dois parâmetros não se diferenciaram ( $P > 0,05$ ). Por fim, nos períodos de tempo de 30 e 50 minutos, a dureza na temperatura de 95 °C foi superior à obtida aos 85 °C ( $P < 0,05$ ), em contrapartida elas foram semelhantes ao obtido nas temperaturas de 75 °C ( $P > 0,05$ ).

Avaliando o fator tempo dentro do fator temperatura, aos 75 e 95 °C, a dureza da cera no período de tempo 10 minutos foi inferior aos demais ( $P < 0,05$ ), por outro lado nos outros períodos de tempo foram semelhantes ( $P > 0,05$ ). Nenhum dos períodos de tempo se diferenciaram na faixa de temperatura dos 85 °C ( $P > 0,05$ ).

De acordo com os resultados a cera das abelhas *A. mellifera* pode possuir sensibilidade ao aumento da temperatura no parâmetro de dureza, ou seja, ela pode se tornar mais firme ou dura quando aquecida em até 95 °C. Outro fato interessante foi demonstrado quando observou-se os tempos de exposição da cera ao calor, na qual a cera se apresentou dureza inferior ou igual em quaisquer das temperaturas estudadas, desde que, sejam aquecidas

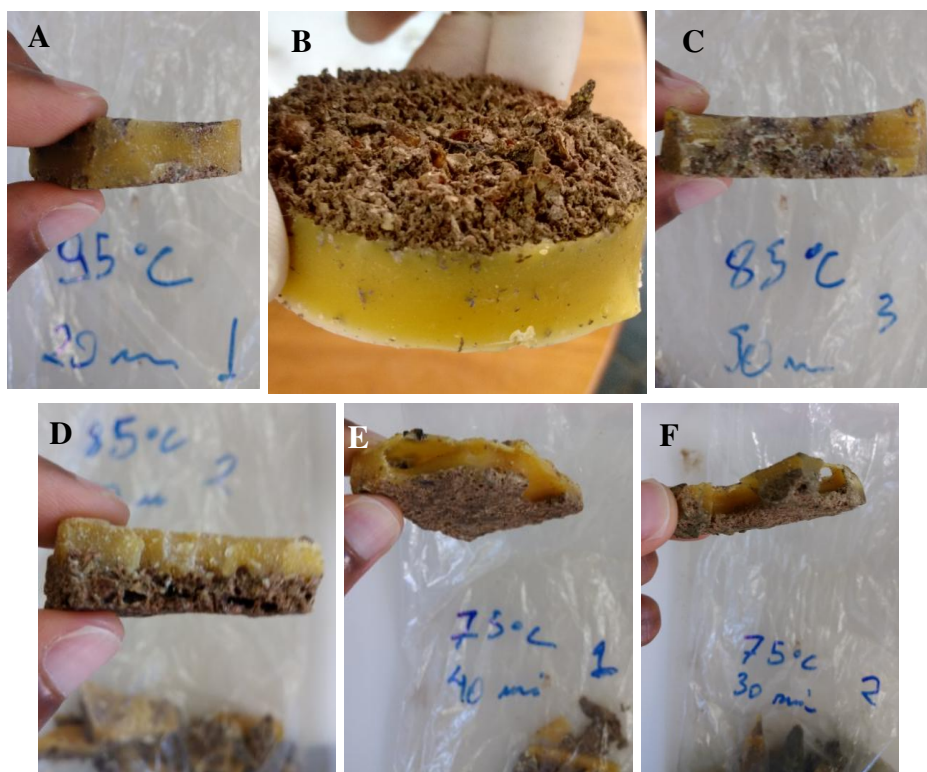


por no máximo 10 minutos. Portanto, não ocorrem mudanças significativas na cera no que diz respeito à dureza, desde que ela seja aquecida - independente da temperatura (75, 85 e 95 °C) - por no máximo 10 minutos.

Não foi possível relacionar o aumento da dureza da cera, quando se comparam as temperaturas dentro do tempo ou quando ultrapassam os 10 minutos de aquecimento, com as mudanças nos componentes estruturais da mesma e seus parâmetros químicos. Isso se dá, porque até onde se sabe, não há precedente na literatura para tal ilação.

O que, de fato, foi observado é que o aumento da dureza, nas condições explicitadas anteriormente, pode ser explicado porque a cera estudada originou-se dos opérculos, os quais tem o formato de floco. Desse modo, conforme elevou-se a temperatura os flocos se liquefizeram. Em sequência, o ar que estava armazenado entre os flocos, após a liquefação, permanece em solução. Entretanto, ele foi sendo, gradativamente, liberado à medida que a cera se fundia formando uma camada homogênea. Associado ao fator temperatura, ainda ocorre à influência do incremento do tempo de exposição a essa temperatura, favorecendo ainda mais a liberação das bolhas de ar resultando em uma cera mais compacta e, conseqüentemente, mais dura (Figura 8).

Figura 8 - Estrutura formadas após a fusão das amostras de cera em diferentes temperaturas de aquecimento: A - B) 95 °C de aquecimento; C - D) 85 °C de aquecimento; E - F) 75 °C de aquecimento



Fonte: ARQUIVO DO AUTOR (2021).

Sendo assim, os fatos observados em relação à dureza da cera divergem do que sugeriu Bogdanov (2004), pois segundo ele a cera aquecida em temperaturas acima de 90 °C se tornaria esponjosa ou pastosa. Mesmo com o aquecimento a 95 °C, neste trabalho não foram observadas as mudanças indicadas por esse autor. Muito pelo contrário, o que se registrou foi o aumento da dureza do produto nas condições descritas anteriormente.

De acordo com Bernal *et al.* (2005), a cera poderia se tornar quebradiça quando aquecida em altas temperaturas por períodos prolongados de tempo, entretanto, nas temperaturas e tempos estudados nesse trabalho não se observou essa ilação. Por outro lado, viu-se que a cera pode se tornar mais dura, desde que, seja aquecida por tempo superior a 10 minutos.

Contudo, Barros, Nunes e Costa (2009) recomendaram aquecer a cera das abelhas em no máximo 80 °C, de modo a evitar a perda dos seus parâmetros de qualidade, porém eles não definiram quais seriam esses parâmetros. Por outro lado, constatou-se nesse trabalho que aplicando até 95 °C não houve perda de qualidade da cera. Observou-se que na dureza da cera, resguardando-se o seu aquecimento por 10 minutos, não ocorrem diferenças entre as faixas de temperatura.

Müller *et al.* (2018) conseguiram dureza de 0,2039 Kg/mm<sup>2</sup> utilizando cera de abelhas como revestimento de sólidos para a indústria química, farmacêutica e alimentícia. Entretanto, a cera utilizada por eles não passou por nenhum controle de origem, de temperatura e tempo de exposição ao calor no processamento e na confecção dos revestimentos. Mesmo esse valor de dureza encontrado por eles sendo menor que todos os obtidos nesse experimento, as condições das amostras submetidas ao parâmetro de dureza da análise de textura são diferentes, pois as amostras de revestimento submetidas ao teste seguiram a espessura utilizada para revestir os sólidos do seu ensaio, o qual foi inferior a 0,5 mm. Essa diferença entre as amostras explica, em grande medida, a distinção dos resultados.

## **7.2 Parâmetros químicos**

A tabela 5 apresenta os resultados para os parâmetros químicos, índice de acidez e índice de saponificação, em cera de abelhas. Pode-se observar que o índice de acidez apresentou interação significativa entre os fatores temperatura:tempo ( $P < 0,05$ ).

Tabela 5 - Variáveis químicas em cera de abelhas *Apis mellifera* aquecidas por diferentes temperaturas e tempos de exposição

Fatores	P valor	
	Parâmetros químicos	
	Índice de acidez	Índice de saponificação
Temperatura	0,0000*	0,1227
Tempo	0,3509	0,3771
Temperatura:Tempo	0,0011*	0,1003

\* Os valores apresentam ao menos uma diferença significativa pelo teste não paramétrico *Scheirer-Ray-Hare* a 5% via ANOVA.

Fonte: AUTOR (2022).

O índice de saponificação não apresentou interação entre os fatores temperatura:tempo, nem diferenças entre os valores em cada fator ( $P > 0,05$ ).

### 7.2.1 Índice de acidez

Os desdobramentos da interação entre os fatores temperatura:tempo do índice de acidez são apresentados numericamente na Tabela 6 e em valores de p nos Anexos D e E. As comparações par a par, entre o fator tempo dentro do fator temperatura, não apresentaram diferenças significativas entre quaisquer fatores estudados ( $P > 0,05$ ).

Tabela 6. Desdobramentos da interação entre os fatores temperatura:tempo para os valores do índice de acidez (médias e respectivos desvios padrão) em cera de abelhas *Apis mellifera* aquecidas por diferentes temperaturas e tempos de exposição

<b>Índice de acidez (mg KOH/mg) ***</b>					
<b>Tempo (minutos) **</b>	<b>Temperatura (°C) *</b>				
	<b>Ambiente</b>	<b>65</b>	<b>75</b>	<b>85</b>	<b>95</b>
<b>10</b>	<i>19,68 ± 1,64</i> a, A	<i>22,61 ± 1,17</i> a, A	<i>21,48 ± 2,38</i> a, A	<i>22,78 ± 1,24</i> a, A	<i>20,43 ± 0,36</i> a, A
<b>20</b>	<i>22,89 ± 0,86</i> a, A	<i>19,77 ± 0,93</i> a, A	<i>23,89 ± 1,23</i> a, A	<i>20,93 ± 1,05</i> a, A	<i>20,16 ± 0,31</i> a, A
<b>30</b>	<i>23,93 ± 1,76</i> a, A	<i>20,85 ± 0,3</i> a, A	<i>22,19 ± 1,23</i> a, A	<i>23,56 ± 1,46</i> a, A	<i>19,83 ± 0,67</i> a, A
<b>40</b>	<i>23,21 ± 0,83</i> ab, A	<i>18,92 ± 0,76</i> a, A	<i>25,55 ± 4,01</i> b, A	<i>21,14 ± 0,57</i> ab, A	<i>20,22 ± 1,7</i> ab, A
<b>50</b>	<i>23,16 ± 1,53</i> a, A	<i>18,78 ± 0,30</i> a, A	<i>21,43 ± 0,7</i> a, A	<i>20,30 ± 2,33</i> a, A	<i>20,55 ± 1,85</i> a, A

\* Valores seguidas por letras minúsculas iguais na linha as temperaturas não se diferem dentro do tempo correspondente a nível de 5% pelos desdobramentos do teste de *Dunn*.

\*\* Valores seguidas por letras maiúsculas iguais na coluna os tempos não se diferem dentro da temperatura correspondente a nível de 5% pelos desdobramentos do teste de *Dunn*.

\*\*\* Valores em itálico mostram aqueles que ficaram dentro da faixa, de 17,0 a 24,0 mg KOH/mg, definida pelas normativas (BPCS, 1993; RFE, 1997; USPC, 2000; BRASIL, 2001).

Fonte: AUTOR (2022).

As comparações par a par do fator temperatura dentro do fator tempo mostraram que há diferença significativa na comparação apenas entre as faixas de temperatura de 65 e 75 °C ( $P < 0,05$ ) no tempo de 40 minutos, entretanto as duas foram semelhantes às demais dentro desse mesmo tempo de exposição ( $P > 0,05$ ). As demais comparações entre as temperaturas dentro do tempo não apresentaram diferenças significativas ( $P > 0,05$ ).

Entre os valores de índice de acidez apenas o obtido no tempo de exposição de 40 minutos, na temperatura de 75 °C estava fora da recomendação técnica (BPCS, 1993; RFE, 1997; USPC, 2000; BRASIL, 2001). Isso pode ser explicado pela possível contaminação nos opérculos utilizados em algumas das repetições, de forma pontual. Mesmo que a cera dos opérculos tenha sido limpa e previamente homogeneizada pode ter passado despercebido nesse processo algum resquício de alimento ou resinas junto aos flocos, pedaços de tegumento ou partes das próprias abelhas e de outros insetos, entre outros contaminantes que, porventura,

não foram totalmente eliminados. A presença de algum contaminante junto a amostra poderia interferir no índice de acidez.

Entretanto, pelo que demonstram os dados, é fato que o índice de acidez não sofreu influência da temperatura e do tempo de aquecimento da cera, mesmo quando aquecida até as 95 °C. Essa constatação contradiz o citado por Barros, Nunes e Costa (2009), que recomendaram não aquecer a cera das abelhas acima de 80 °C, no intuito de manter as suas propriedades conservadas, mesmo sem pontuar quais seriam elas.

Nesse sentido, Bernal *et al.* (2005) trabalhando com ceras de origem espanhola obtiveram índice de acidez de 18,5 mg KOH/g em ceras brancas e 19,3 mg KOH/g em ceras amarelas; Maia e Nunes (2013) encontraram índice e acidez de 19,9 mg KOH/g estudado ceras oriundas da apicultura portuguesa; e Velickova *et al.* (2013), trabalhando com cera também de origem lusitana, em revestimentos para frutas, encontraram índice de acidez de 16,12 ( $\pm$  1,2) mg KOH/g. Por fim, Santos (2015) obteve em cera de opérculos índice de acidez de 17,0 mg KOH/g. Todavia, excetuando o último trabalho citado, a cera utilizada pelos demais autores não passou por nenhum controle de temperatura e tempo de aquecimento. No que diz respeito ao índice de acidez, mesmo utilizando-se ceras com a ausência de controle prévio de temperatura e tempo de aquecimento, os dados apresentados estão dentro da faixa indicada pelas normativas da cera BPCS (1993), RFE (1997), USPC (2000) e Brasil (2001). De mesmo modo, os valores obtidos por Santos (2015) e a grande maioria dos dados obtidos nessa pesquisa seguiram a faixa de recomendada de qualidade. Essa constatação permite afirmar que esse parâmetro químico é estável independentemente das condições prévias de temperatura e tempo de aquecimento da cera, e mais além, ele também pode-se manter estável qualitativamente independentemente da genética das abelhas e o ambiente em que elas estão nidificadas, como já relatado por Barros; Nunes e Costa (2009), Koster Keunen (2010) e Maia e Nunes (2013).

### 7.2.2 Índice de saponificação

A tabela 7 apresenta os valores médios para o índice de saponificação em ceras de abelhas aquecidas por diferentes temperaturas e tempos de exposição.

Tabela 7 - Valores do índice de saponificação (médias e respectivos desvios) em cera de abelhas *Apis mellifera* aquecidas por diferentes temperaturas e tempos de exposição

Índice de saponificação (mg KOH/g - dp) **					
Tempo (min.) *	Temperatura (°C) *				
	Ambiente	65	75	85	95
<b>10</b>	180,40	109,23	111,31	<i>84,89</i>	<i>96,01</i>
	± 92,76	± 36,6	± 54,15	± 59,58	± 48,68
<b>20</b>	61,31	104,0	66,65	107,29	110,25
	± 31,12	± 37,38	± 37,36	± 77,96	± 47,56
<b>30</b>	105,56	143,85	51,39	<i>101,81</i>	68,15
	± 60,40	± 41,79	± 24,05	± 43,24	± 66,21
<b>40</b>	<i>87,74</i>	<i>90,29</i>	45,76	<i>102,65</i>	83,92
	± 49,07	± 40,07	± 19,39	± 37,55	± 11,12
<b>50</b>	128,26	65,99	67,87	81,46	71,51
	± 63,73	± 19,19	± 24,56	± 59,58	± 10,30

\* Os valores não apresentam diferença significativa dentro de cada fator e nem interação significativa entre os fatores pelo teste não paramétrico *Scheirer-Ray-Hare* a 5% via ANOVA.

\*\* Valores em itálico mostram aqueles que ficaram dentro da faixa, de 83,0 a 103,0 mg KOH/g, definida pelas normativas (BPCS, 1993; RFE, 1997; USPC, 2000).

Fonte: AUTOR (2022).

No índice de saponificação não houve diferenças dentro de cada fator e nem interação entre os fatores temperatura e tempo de exposição ( $P > 0,05$ ).

Fato que chama atenção nos resultados dessa análise são os altos valores dos desvios padrão e a variação ocorrida, mesmo entre as repetições, em cada conjunto de temperatura e tempo. Infelizmente, não há nenhum precedente na literatura que explique essas variações.

É interessante trazer à tona um tema que já foi pontuado anteriormente, relacionado ao fato de que as abelhas africanizadas brasileiras são geneticamente diferentes das abelhas europeias. Além disso, é fato que os recursos florais e as características edafoclimáticas de ambos os continentes são também distintas, logo, as características e componentes da cera das abelhas também se diferem. Isso posto, pode-se discutir que o índice de saponificação pode não ser o melhor parâmetro químico para a validação da cera das abelhas brasileiras, tendo em vista todas as diferenças que já foram relatadas nesse texto. Vale

ressaltar que os parâmetros químicos estipulados por essas normativas utilizadas são baseados na cera das abelhas europeias.

Nesse sentido, Maia e Nunes (2013) trabalhando com ceras de origem portuguesa obtiveram índice de saponificação de 90,0 mg KOH/g; Velickova *et al.* (2013) obtiveram índice de saponificação de 92,02 ( $\pm$  1,56) mg KOH/g em ceras, também de origem portuguesa, utilizadas como revestimento de frutas e, Bernal *et al.* (2005) utilizando ceras de origem espanhola encontrou índice de saponificação de 99,3 mg KOH/g em ceras de coloração branca e 96,3 mg KOH/g em ceras de coloração amarelada. Entretanto, excetuando a seleção por coloração no segundo caso, ambas as pesquisas não tiveram nenhum tipo de controle relacionado ao tempo de exposição ao calor e a temperatura alcançada. Em relação aos valores obtidos neste trabalho, em certos conjuntos de temperatura e tempo, os dados citados anteriormente podem ser tanto inferiores quanto superiores, porém não seguem um padrão que possa ser comparado, excetuando as diferenças entre os continentes de origem do produto que podem interferir na validação dessa análise.

Santos (2015) encontrou índice de saponificação de 606,74 mg KOH/g em cera de opérculos, tendo em vista que, pela sua origem, ela não passou por nenhum processo de aquecimento. Entretanto, o valor obtido por eles é superior a todos os valores encontrados neste trabalho, independentemente do conjunto temperatura e tempo de exposição. Esse relato, por se tratar de um trabalho brasileiro e utilizando a cera das mesmas abelhas, pode corroborar com o já mencionado anteriormente, que o índice de saponificação pode não ser o melhor parâmetro químico para validar qualitativamente a cera das abelhas *A. mellifera* brasileiras. Por fim, pelo que demonstram os dados, esse parâmetro foi extremamente variável quando aplicado a cera das abelhas africanizadas e por isso pode ser visto com cautela para certificação comercial.

## 8 CONCLUSÃO

No que se refere a cera das abelhas *Apis mellifera* africanizadas o aquecimento, independente da temperatura, não interferiu na sua dureza, desde que se respeite o tempo de 10 minutos. Porém esse parâmetro merece ser mais estudado, principalmente, em ceras já fundidas para buscar entender se a forma física da cera pode causar interferência nesse parâmetro.

Nas análises de cor instrumental foi observada uma mudança na coloração da cera, pois a mesma que era esbranquiçada passou a ter uma coloração amarelada. Entretanto, essa mudança não se relacionou a nenhum prejuízo estético e estrutural da cera, pois está dentro da faixa de cor para esse produto. Além do mais, a coloração amarelada tende a ser melhor aceita pelo mercado apícola.

Os parâmetros químicos da cera não sofreram interferência da temperatura e tempo de exposição ao calor. Contudo, deve-se estudar com mais frequência esses parâmetros na cera produzida pelas abelhas africanizadas, as suas possíveis peculiaridades e as influências que as características edafoclimáticas do local de nidificação das colônias podem interferir nos atributos desse produto.



## 9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 15513: Cera de carnaúba - determinação do índice de acidez, índice de saponificação**. 2008.

AMF - **Analytical methods in food: oils and fats**. (In spanish). Panreac Chemistry, Barcelona. 1999.

AOAC: **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, Vol. II**. AOAC, Arlington, VA (USA), p. 951-957, 1990.

BARROS, A. I. R. N. A.; NUNES, F. H. F. N.; COSTA, M. M. F. **Manual de boas práticas na produção de cera de abelhas**. FNAP. Lisboa, 2009. 52 p.

BERNAL, J. L.; JIMENEZ, J. J. ; DEL NOZAL, M. J.; TORIBIO, L. ; MARTIN, M. T. Physico-chemical parameters for the characterization of pure beeswax and detection of adulterations. **European journal of lipid science and technology**. v. 107, n. 3, p. 158-166, 2005.

BOGDANOV, S. Beeswax: quality issues today, **Bee World**, v. 85, n. 3, p. 46-50, 2004.

BOGDANOV, S. **Beeswax: Production, Properties Composition and Control**. Beeswax Book, Chapter I. Bee Product Science. Muehlethurnen, Switzerland, 15 January , 2012. 18 p. URL: [www.bee-hexagon.net](http://www.bee-hexagon.net)

BRADBPEAR, N. **Bees and their roles in forest livelihoods**. A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products. FAO, Rome, 2009. 194 p.

BRANT, F; NASCIMENTO, M. Saudade dos aviões da Panair (Conversando no bar). *In*: NASCIMENTO, M. LP Minas [EMCB 7011 ]. Gravadora Odeon. 1975. Lado A, Faixa 4.

BRASIL, Instrução Normativa n.3, de 19 de janeiro de 2001. Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de apitoxina, cera de abelha, geléia real, geléia real liofilizada, pólen apícola, própolis e extrato de própolis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Seção 1, p.18-23, Brasília, 23 de jan. de 2001.

BPCS, **British Pharmacopoeia Commission Secretariat**, Vol. 1. HMSO, London (UK), 1993. p. 65.

COPASA - Cia. de Saneamento de Minas Gerais. **Relatório anual de qualidade da água**. Pesquisa de qualidade da água - Portaria de consolidação n° 5 do Ministério da Saúde. 2022. Disponível em: <  
<https://www2.copasa.com.br/servicos/qualidadeagua/pesqtel.asp?letra=D&cidade=422>>.  
Acesso em: 24/01/22.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. **Apicultura: Manejo e Produtos**. 3 ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2006. 193 p.

CRANE, E. **The world history of beekeeping and honey hunting**. New York and Oxon: Routledge - Taylor and Francis Group, 1999. 682 p.

DUNN, O. J. Multiple comparisons using rank sums. **Technometrics**, v. 6, p. 241 – 252. 1964.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. "ExpDes: An R package for ANOVA and experimental designs." **Applied Mathematics**, v. 5, p. 2952-2958, 2014.

GOMES, L. **Escravidão: Do primeiro leilão de cativos em Portugal até a morte de Zumbi dos Palmares, Volume 1**. 1. ed. - Rio de Janeiro: Globo Livros. 2019. 479 p.

KOSTER KEUNEN, L. L. C. **Waxes, beeswax, natural wax**. Bladel, The Netherlands: Koster Keunen Holland BV, 2010.

KRIVTSOV, N; LEBEDEV, V. **Beekeeping products**. 2<sup>nd</sup> ed. (In Russian). Stereotype M., Niva, Russia; Eurasian region, 1995. 252 p.

MAIA, M.; NUNES, F. M. Authentication of beeswax (*Apis mellifera*) by high-temperature gas chromatography and chemometric analysis. **Food Chemistry**, London, v. 136, n. 2, p. 961-968, 2013.

MOUSTAFA, A.; ATIBA, A. The Effectiveness of a Mixture of Honey, Bees wax and Olive Oil in Treatment of Canine Deep Second-Degree Burn. **Global Veterinaria**, Egypt, v. 14, p. 244-250, 2015.

MÜLLER, M. G.; LINDNER, J. A.; BRIESEN, H.; SOMMER, K.; FOERST, P. On the properties and application of beeswax, carnauba wax and palm fat mixtures for hot melt coating in fluidized beds. **Advanced Powder Technology**. v. 29, p. 781-788, 2018.  
<https://doi.org/10.1016/j.appt.2017.12.020>

NASRIN, T. A. A.; RAHMAN, M. A.; ARFIN, M. S.; ISLAM, M. N.; ULLAH, M. A. Effect of novel coconut oil and beeswax edible coating on postharvest quality of lemon at ambient storage. **Journal of Agriculture and Food Research**. v. 2, 2020. 7 p.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. URL: <https://www.r-project.org/>. 2020.

RFE - **Royal Spanish Pharmacopoeia**. Ministry of Health. (In spanish). Madrid, p. 615-616, 1997.

SANTOS, K. C. Combinações de análises físico-químicas e técnicas analíticas para detecção da parafina à cera de *Apis mellifera* Linnaeus. (**Dissertação de mestrado**) Programa de Pós-graduação em Agronomia. Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras - MG. 2015. 59 p.

SCHEIRER, C. J.; RAY, W. S.; HARE, N. The analysis of ranked data derived from completely randomized factorial designs. **Biometrics**, v. 32, p. 429-434. 1976.

SOMA - **Spanish official methods of analysis Vol. 1**. (In spanish). General Secretariat of Food, Ministry of Public Administrations, Madrid. p. 39-85, 1993.

USPC, **United States Pharmacopoeial Convention, Inc. National Publishing**. National Formulary, 2000. 2537 p.

VAN LAACK, R. L. J. M.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p.1057-1061. 2000.

VELICKOVA, E.; WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S.; ALVES, V. D.; MOLDÃO-MARTINS, M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. **LWT - Food Science and Technology** v. 52, p. 80-92, 2013.  
DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>

WITHERELL, P.C. Other products of the hive. In: DADANT & SON. **The hive and the honeybee**. 4<sup>a</sup> ed. Hamilton, Illinois, p.537-557, 1975.

## 10 ANEXOS

**ANEXO A - DESDOBRAMENTOS FATORIAL NÃO PARAMÉTRICO POR MEIO DAS COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE OS VALORES DE COR INSTRUMENTAL EM CERA DE ABELHAS *Apis mellifera* AQUECIDAS POR DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPOS. AS OBSERVAÇÕES FORAM COMPARADAS ENTRE AS TEMPERATURAS DENTRO DE CADA PERÍODO DE TEMPO E, OS RESULTADOS SÃO APRESENTADOS PELOS VALORES p.**

		Cor instrumental			
Tempo (minutos)	Temperatura (° C)	Parâmetros			
		"L"	"a"	"b"	"C"
10	Ambiente - 65	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 75	0,0004*	1,0000	0,6224	0,6780
	Ambiente - 85	0,7522	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 95	0,0271*	1,0000	1,0000	1,0000
	65 - 75	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	65 - 85	1,0000	1,0000	0,8378	0,9503
	65 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	75 - 85	1,0000	1,0000	0,1454	0,1362
	75 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	85 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
20	Ambiente - 65	1,0000	1,0000	0,1083	0,1196
	Ambiente - 75	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 95	0,0427*	1,0000	1,0000	1,0000
	65 - 75	1,0000	0,1766	0,0007	0,0008*
	65 - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	65 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	75 - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	75 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	85 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
30	Ambiente - 65	0,3504	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 75	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	Ambiente - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	65 - 75	1,0000	1,0000	0,7105	0,6709
	65 - 85	1,0000	1,0000	0,1116	0,1228
	65 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

	75 - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	75 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	85 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
40	Ambiente - 65	0,0114*	1,0000	1,0000	1,0000	
	Ambiente - 75	0,2364	1,0000	1,0000	1,0000	
	Ambiente - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	Ambiente - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	65 - 75	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	65 - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	65 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	75 - 85	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	75 - 95	1,0000	0,8180	1,0000	1,0000	
	85 - 95	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	50	Ambiente - 65	0,0152*	1,0000	1,0000	1,0000
		Ambiente - 75	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
Ambiente - 85		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
Ambiente - 95		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
65 - 75		1,0000	0,2000	0,0199*	0,0161*	
65 - 85		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
65 - 95		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
75 - 85		1,0000	0,0637	0,1248	0,1196	
75 - 95		1,0000	0,0012*	0,0544	0,0485*	
85 - 95		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

\* A comparação entre os valores apresentou diferença significativa a 5% pelo teste de *Dunn*.

**ANEXO B - DESDOBRAMENTOS FATORIAL NÃO PARAMÉTRICO POR MEIO DAS COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE OS VALORES DE COR INSTRUMENTAL EM CERA DE ABELHAS *Apis mellifera* AQUECIDAS POR DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPOS. AS OBSERVAÇÕES FORAM COMPARADAS ENTRE OS TEMPOS DENTRO DE CADA FAIXA DE TEMPERATURA E, OS RESULTADOS SÃO APRESENTADOS PELOS VALORES p.**

		Cor instrumental			
Temperatura (C°)	Tempo (minutos)	Parâmetros			
		"L"	"a"	"b"	"C"
Ambiente	10 - 20	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	10 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	10 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	10 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	30 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	30 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	40 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
65	10 - 20	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	10 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	10 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	10 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 40	0,5204	0,0843	1,0000	1,0000
	20 - 50	0,6357	1,0000	1,0000	1,0000
	30 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	30 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	40 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
75	10 - 20	1,0000	0,5502	0,0015*	0,0017*
	10 - 30	1,0000	0,2688	0,2814	0,2323
	10 - 40	1,0000	0,1112	0,7282	0,6315
	10 - 50	1,0000	0,0099*	0,0005*	0,0005*
	20 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	20 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
	30 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

	30 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	40 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
85	10 - 20	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	10 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	10 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	10 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	20 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	20 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	20 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	30 - 40	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	30 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	40 - 50	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
	95	10 - 20	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
		10 - 30	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
10 - 40		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
10 - 50		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
20 - 30		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
20 - 40		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
20 - 50		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
30 - 40		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
30 - 50		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	
40 - 50		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

\* A comparação entre os valores apresentou diferença significativa a 5% pelo teste de *Dunn*.



**ANEXO C - COMPARAÇÕES PAR A PAR ENTRE OS VALORES DO PARÂMETRO "H" DA COR INSTRUMENTAL EM CERA DE ABELHAS *Apis mellifera* AQUECIDAS POR DIFERENTES TEMPERATURAS INDEPENDENTE DO PERÍODO DE TEMPO APRESENTADOS EM p.**

<b>Parâmetro h</b>	
<b>Temperaturas (° C)</b>	<b>P valor</b>
75 - 65	0,0078*
85 - 65	0,0000*
95 - 65	0,0000*
Ambiente - 65	0,0000*
85 - 75	0,3028
95 - 75	0,0077*
Ambiente - 75	0,0041*
95 - 85	0,3028
Ambiente - 85	0,3028
Ambiente - 95	0,8300

\* A comparação entre os valores apresentaram diferenças significativas pelo teste não paramétrico *Scheirer-Ray-Hare* a 5%.

**ANEXO D - DESDOBRAMENTOS FATORIAL NÃO PARAMÉTRICO DOS VALORES DE ÍNDICE DE ACIDEZ EM CERA DE ABELHAS *Apis mellifera* AQUECIDAS POR DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPOS. AS OBSERVAÇÕES FORAM COMPARADAS PAR A PAR ENTRE AS TEMPERATURAS, DENTRO DE CADA PERÍODO DE TEMPO E, OS RESULTADOS SÃO APRESENTADOS PELOS VALORES p.**

Índice de acidez		
Tempo (minutos)	Temperatura (° C)	P valor
10	Ambiente - 65	1,0000
	Ambiente - 75	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000
	Ambiente - 95	1,0000
	65 - 75	1,0000
	65 - 85	1,0000
	65 - 95	1,0000
	75 - 85	1,0000
	75 - 95	1,0000
	85 - 95	1,0000
20	Ambiente - 65	1,0000
	Ambiente - 75	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000
	Ambiente - 95	1,0000
	65 - 75	0,3137
	65 - 85	1,0000
	65 - 95	1,0000
	75 - 85	1,0000
75 - 95	0,8995	
30	Ambiente - 65	1,0000
	Ambiente - 75	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000
	Ambiente - 95	1,0000
	65 - 75	1,0000
	65 - 85	1,0000
	65 - 95	1,0000
	75 - 85	1,0000
	75 - 95	1,0000
	85 - 95	0,7925

40	Ambiente - 65	0,0673
	Ambiente - 75	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000
	Ambiente - 95	1,0000
	65 - 75	0,0146*
	65 - 85	1,0000
	65 - 95	1,0000
	75 - 85	1,0000
	75 - 95	0,8358
	85 - 95	1,0000
50	Ambiente - 65	0,0682
	Ambiente - 75	1,0000
	Ambiente - 85	1,0000
	Ambiente - 95	1,0000
	65 - 75	1,0000
	65 - 85	1,0000
	65 - 95	1,0000
	75 - 85	1,0000
	75 - 95	1,0000
	85 - 95	1,0000

\* A comparação entre os valores apresentou diferença significativa a 5% pelo teste de *Dunn*.

**ANEXO E - DESDOBRAMENTOS DA ANÁLISE FATORIAL NÃO PARAMÉTRICA DOS ÍNDICES DE ACIDEZ EM CERA DE ABELHAS *Apis mellifera* AQUECIDAS POR DIFERENTES TEMPERATURAS E TEMPOS. AS OBSERVAÇÕES FORAM COMPARADAS PAR A PAR ENTRE AS TEMPOS, DENTRO DE CADA FAIXA DE TEMPERATURA E, OS RESULTANTES SÃO APRESENTADOS PELOS VALORES p.**

Temperatura (C°)	Índice de Acidez	
	Tempo (minutos)	P valor
Ambiente	10 - 20	1,0000
	10 - 30	1,0000
	10 - 40	1,0000
	10 - 50	1,0000
	20 - 30	1,0000
	20 - 40	1,0000
	20 - 50	1,0000
	30 - 40	1,0000
	30 - 50	1,0000
	40 - 50	1,0000
65	10 - 20	1,0000
	10 - 30	1,0000
	10 - 40	0,4401
	10 - 50	0,2512
	20 - 30	1,0000
	20 - 40	1,0000
	20 - 50	1,0000
	30 - 40	1,0000
	30 - 50	1,0000
	40 - 50	1,0000
75	10 - 20	1,0000
	10 - 30	1,0000
	10 - 40	1,0000
	10 - 50	1,0000
	20 - 30	1,0000
	20 - 40	1,0000
	20 - 50	1,0000
	30 - 40	1,0000
	30 - 50	1,0000
	40 - 50	1,0000

85	10 - 20	1,0000
	10 - 30	1,0000
	10 - 40	1,0000
	10 - 50	1,0000
	20 - 30	1,0000
	20 - 40	1,0000
	20 - 50	1,0000
	30 - 40	1,0000
	30 - 50	1,0000
	40 - 50	1,0000
95	10 - 20	1,0000
	10 - 30	1,0000
	10 - 40	1,0000
	10 - 50	1,0000
	20 - 30	1,0000
	20 - 40	1,0000
	20 - 50	1,0000
	30 - 40	1,0000
	30 - 50	1,0000
	40 - 50	1,0000

\* A comparação entre os valores apresentou diferença significativa a 5% pelo teste de *Dunn*.

## ANEXO F - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA CIDADE DE DIAMANTINA - MG DE MAIO A SETEMBRO DE 2021.

### Pesquisa de Qualidade da Água - Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde

Escolha a cidade para a pesquisa

D ▼ DIAMANTINA ▼

Escolha o mês inicial e o mês final para pesquisa

Mês: 05/2021 ▼ Mês final: ▼

Dados referentes ao período de (período de 05/2021 a 09/2021)								
Parâmetro	Unidade	Número de amostras				Valor Médio	Limites	Saiba mais
		Mínimo	Analisadas	Fora padrão	Que atende			
Cloro	mg/L Cl	213	382	0	382	1,13	0,2 a 5	
Coliformes Totais	NMP/100mL	213	372	0	372	100,00%	Obs.	
Cor	UH	50	381	0	381	3,13	15	
Escherichia coli	NMP/100mL	213	372	0	372	-	Obs.	
Fluoreto	mg/L F	0	372	0	372	0,70		
Turbidez	uT	213	381	2	379	0,90	5	
pH	-	0	381	0	381	7,51	6 a 9,5	

#### OBSERVAÇÕES

Para os parâmetros "Coliforme Total" e "Escherichia Coli", os valores médios não se aplicam. Para o parâmetro "Coliforme Total" o valor apresentado refere-se ao percentual de amostras que atende aos padrões de potabilidade no período.

• Coliformes totais:

- Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes: apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo.
- Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes devem apresentar ausência desses indicadores em, pelo menos, 95% das amostras examinadas no mês.

• Escherichia coli:

- ausência em 100 ml.

Fonte: COPASA, 2022