



Rfb
Editora

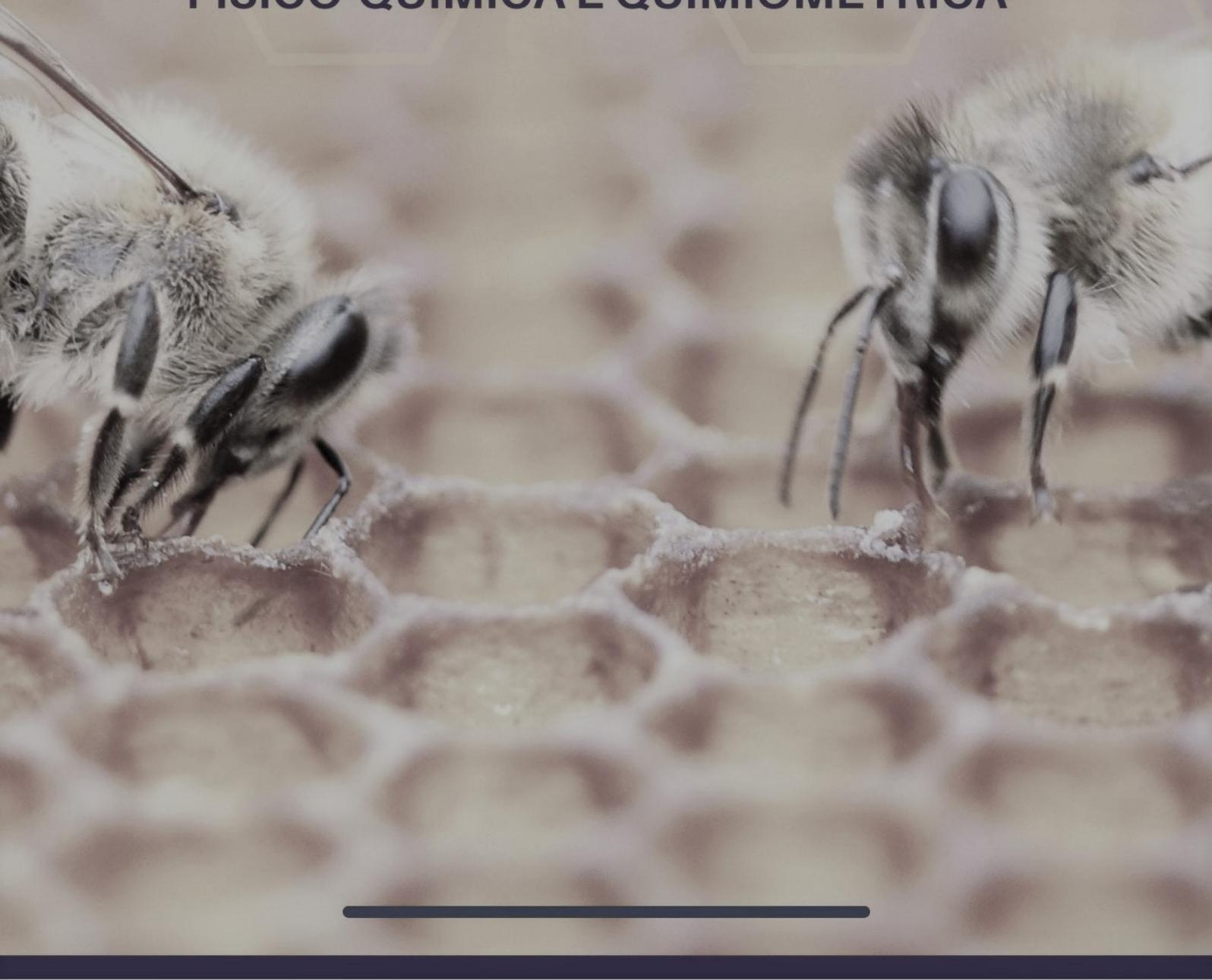
MEL DE ABELHA *Apis mellifera* DO NORDESTE PARAENSE

UM ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E QUIMIOMÉTRICA

José Marcos Nobre de Moura Júnior
Charles Alberto Brito Negrão
Ewerton Carvalho de Souza
Antonio dos Santos Silva

MEL DE ABELHA *Apis mellifera* DO
NORDESTE PARAENSE

UM ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E QUIMIOMÉTRICA



José Marcos Nobre de Moura Júnior
Charles Alberto Brito Negrão
Ewerton Carvalho de Souza
Antonio dos Santos Silva

**MEL DE ABELHA *Apis mellifera* DO
NORDESTE PARAENSE: UM ESTUDO DE
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
QUIMIOMÉTRICA**

1ª Edição

Belém-PA



2020

<https://doi.org/10.46898/rfb.9786599152436>

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

M517

Mel de Abelha *Apis Mellifera* do Nordeste Paraense: Um Estudo de
Caracterização Físico-Química e Quimiométrica [recurso digital] / José
Marcos Nobre de Moura Júnior, Charles Alberto Brito Negrão, Ewerton
Carvalho de Souza, Antonio dos Santos Silva. -- 1. ed. -- Belém: Rfb
Editora, 2020.
3.280 kB; PDF: il.
Inclui Bibliografia.
Modo de acesso: www.rfbeditora.com.

ISBN: 978-65-991524-3-6
DOI: 10.46898/rfb.9786599152436

1. Apicultura. 2. Pesquisa. 3. Estudo.
I. Título.

CDD 638.1

Elaborado por Rfb Editora.

Copyright © 2020 edição brasileira.
by Rfb Editora.

Copyright © 2020 texto.
by os autores.



Todo o conteúdo apresentado neste livro é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe).

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga - UFPA.

Prof. Me. Laecio Nobre de Macedo - UFMA.

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida - UFOPA.

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo - IFMA.

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva - IFPA.

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza - UFPA.

Prof.^a Me. Neuma Teixeira dos Santos - UFRA.

Prof.^a Me. Antônia Edna Silva dos Santos - UEPA.

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa - UFMA.

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho - UFSJ.

Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti - UFPE.

Arte da capa:

Priscila Rosy Borges de Souza.

Diagramação:

Laiane Borges de Souza.

Revisão de texto:

Os autores.



Home Page: www.rfbeditora.com.

E-mail: adm@rfbeditora.com.

WhatsApp: (91)98885-7730.

Belém, Pará, Brasil.

CNPJ: 36.972.053/0001-11.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| APRESENTAÇÃO | 7 |
| CAPÍTULO 1 | |
| INTRODUÇÃO | 9 |
| CAPÍTULO 2 | |
| ASPECTOS TEÓRICOS | 13 |
| 2.1 A abelha europeia ou italiana (<i>Apis mellifera</i>) | 14 |
| 2.2 Mel | 14 |
| 2.3 Apicultura | 17 |
| 2.4 Parâmetros físico-químicos em mel | 18 |
| 2.5 Quimiometria e métodos estatísticos | 23 |
| CAPÍTULO 3 | |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 27 |
| 3.1 Coleta das amostras | 28 |
| 3.3 Análises estatísticas | 32 |
| CAPÍTULO 4 | |
| RESULTADOS E DISCUSSÕES | 33 |
| 4.1 Parâmetros físico-químicos | 34 |
| 4.2 Análises multivariadas | 42 |
| CAPÍTULO 5 | |
| CONCLUSÕES | 47 |
| REFERÊNCIAS | 49 |
| SOBRE OS AUTORES | 56 |
| ÍNDICE REMISSIVO | 57 |



APRESENTAÇÃO

O mel é um produto de origem animal de alto valor nutritivo, sendo o Brasil um dos grandes produtores mundiais. A grande produtividade brasileira se deve à riqueza de sua flora, variedade de clima, entre outros fatores. Na região Norte do país se encontra a Amazônia, floresta detentora de grande riqueza vegetal e animal, incluindo-se aí muitas espécies de abelhas nativas e também exóticas trazidas pelos povos que aqui chegaram da Europa e da África. O Pará, Estado pertencente a Região Norte do Brasil, apresenta condições favoráveis à prática apícola, todavia são escassos os estudos sobre mel da região, que venham a contribuir com a caracterização desse produto. O presente livro traz um estudo sobre caracterização físico-química de mel do nordeste do Estado do Pará, produzidos por abelhas *Apis mellifera*, de seis localidades distintas, sendo cinco de ecossistemas de capoeira e uma de ecossistema de mangue, e aplica técnicas estatísticas para discriminar os méis de acordo com sua origem. Os resultados apresentados confirmam que os méis dessas localidades são de boa qualidade e que eles podem ser distinguidos entre si através das variáveis físico-químicas analisadas, associadas às técnicas estatísticas multivariadas empregadas.



CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O mel é o produto alimentício fabricado pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções provenientes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas, que as abelhas coletam, alteram, combinam com substâncias específicas, armazenam e deixam amadurecer nos favos da colmeia. É classificado como um fluido viscoso, aromático e doce fabricado por abelhas a partir do néctar e/ou exsudatos sacarínicos de plantas de origens florais, principalmente, os quais, depois de carregados para a colmeia pelas abelhas, são amadurecidos por elas e armazenados no favo para sua alimentação (BRASIL, 2000).

É um produto natural formado pelas abelhas a partir do néctar das flores, o qual é colhido e modificado por elas por meio de dois processos básicos: um físico (evaporação da água) e outro químico (adição de enzimas). Ele é um dos produtos da colmeia mais usados, tanto *in natura* quanto em diversas formas industrializadas (KOMATSU; MARCHINI; MORETI, 2002). Sendo um dos alimentos mais puros da natureza, valorizado por seu sabor peculiar e estimável valor nutritivo, por ter um preço relativamente elevado, muitos são os casos de adulteração (ARAÚJO; SILVA; SOUSA, 2006).

Sua qualidade depende de vários fatores, tais como: origem botânica do néctar coletado, espécie da abelha, condições ambientais e manejo pré e pós-colheita (FUJII et al., 2009).

Em termos de composição, o mel apresenta grande variabilidade. Com isso, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu em 20 de outubro de 2000 uma normativa específica, denominada Instrução Normativa nº11, que estabelece parâmetros de controle de qualidade do mel, indicando as análises e métodos a serem empregados (BRASIL, 2000).

Diversos parâmetros microbiológicos e físico-químicos vêm sendo utilizados na caracterização do mel. Trata-se de um alimento de alta complexidade do ponto de vista analítico e biológico, pois sua composição depende de uma série de fatores não controlados pelo homem, como: clima, solo, floração, presença de insetos sugadores e outros fatores (BASTOS, 1994; CAMPOS et al., 2003). As análises físico-químicas indicadas pela legislação brasileira para o controle de qualidade do mel puro são: umidade, hidroximetilfurfural (HMF), açúcares redutores, sacarose aparente, cinzas, acidez livre, sólidos insolúveis em água e atividade diastásica (BRASIL, 2000).

A importância do mel na nutrição humana não se restringe apenas a sua característica adoçante, uma vez que ele pode ser usado como extraordinário substituto do açúcar refinado de cana de açúcar, a base de sacarose. É imediatamente absorvido pelo organismo, em virtude de sua composição química, especificamente com os principais tipos de açúcares presentes (frutose e glicose). Deve ser considerado como alimento de

alta qualidade, rico em energia e inúmeras outras substâncias benéficas ao equilíbrio dos processos biológicos de nosso organismo. Principalmente, para crianças e idosos, o mel pode ser um carboidrato mais palatável e mais facilmente absorvido, tendo seu valor calórico, usualmente definido como 3,04 kcal/g (CAMARGO et al., 2006).

Apesar de o mel ser um alimento energético de altíssima qualidade, fator que deveria estar ligado ao seu consumo, a sua utilização está principalmente voltada ao aspecto medicinal, pela população brasileira, sendo utilizado nos casos de gripes e resfriados, o que eleva seu consumo nas épocas mais frias do ano, por termos uma maior incidência dessas enfermidades. Na medicina popular são inúmeras as receitas que, juntamente com diversas plantas medicinais, utilizam o mel como um de seus principais componentes (CAMARGO et al., 2006).

Este trabalho avalia méis de *Apis mellifera* produzidos por apicultores do nordeste do Pará, do ponto de vista físico-químico e emprega métodos estatísticos multivariados na discriminação desses méis conforme suas origens geográficas, buscando, com isso, contribuir com o seu controle de qualidade.





CAPÍTULO 2

ASPECTOS TEÓRICOS



2.1 A abelha europeia ou italiana (*Apis mellifera*)

A *Apis mellifera* ou abelha-europeia é uma abelha social, sendo que as operárias apresentam os pelos do tórax mais escuros e medem de 12 mm à 13 mm de comprimento. As subespécies responsáveis pela produção de mel no país são: a alemã [*Apis mellifera mellifera* L. (*Hymenoptera: Apidae*)] e a italiana [*Apis mellifera linguistica spinola* (*Hymenoptera: Apidae*)], que foram introduzidas por volta do século XVII, e que apresentavam baixa agressividade, mas com produtividade não compatível com a que ofereciam as floradas da região (CARVALHO, 2010).

A abelha-alemã também conhecida como abelha-da-europa, abelha-de-mel, abelha-doméstica, abelha-do-reino, abelha-escura, abelha-europa, abelha-preta e “oro-pa” foi introduzida no Brasil em 1839 para suprir apiários na produção de mel e cera (CARVALHO, 2010).

As *Apis melliferas scutellatas*, são abelhas africanas, que, na década de 1950 foram trazidas ao Brasil por terem alto índice de produtividade de mel e cera. Entretanto, notou-se que estas apresentavam um comportamento bastante agressivo, e, assim, foi criado um programa de melhoramento genético para aumentar a produção e reduzir a agressividade. Aproximadamente um ano após o início do programa, por descuido de um apicultor, 26 enxames com suas rainhas escaparam e cruzaram com as outras subespécies de abelhas melíferas, dando origem a uma população poli-híbrida, chamadas de abelhas africanizadas (SOARES, 2004; MANRIQUE; SOARES, 2002).

As diversas subespécies de *Apis mellifera* foram adaptadas a diversas condições ambientais, graças a sua adaptação a ambientes inabitáveis, a alta capacidade de defesa e capacidade de reprodução com ciclo de vida mais curto, o que permitiu a esta subespécie uma ampliação acelerada da biomassa e aumento populacional expressivo, explicando assim o porquê da abelha *Apis mellifera* ser a principal espécie produtora de mel utilizado para consumo humano (OLIVEIRA; CUNHA, 2005).

Prepotência genética, alta capacidade de higiene, alta capacidade de orientação, maior resistência a parasitas e certas enfermidades, quando se compara a abelha europeia, não sendo necessário o uso de medicamentos e acaricidas, são destaques dentre suas vantagens adaptativas (MORETTO; GUERRA JR; BITTENCOURT, 2006).

2.2 Mel

O mel de abelhas é um produto muito apreciado, contudo, torna-se fácil a sua adulteração com xaropes e açúcares. Com isso, se faz necessária algumas análises para a determinação de sua qualidade para sua comercialização. O mel é essencialmente uma mistura complexa de açúcares altamente concentrada. A composição do mel

depende de muitos fatores tais como: espécies de plantas colhidas, natureza do solo, raça da abelha, estado fisiológico da colônia, estado de maturação do mel e condições meteorológicas (PÉRICO et al., 2011). Os principais grupos de plantas utilizados para produção e comercialização do mel são: eucaliptos, citros e flores silvestres (AIDAR, 1997).

O Brasil é o 6º maior produtor de mel, ficando atrás somente da China, Estados Unidos, Argentina, México e Canadá. Entretanto, ainda há a possibilidade de se aumentar a essa produção se a ela for incrementado o agronegócio apícola, com o grande potencial apícola (flora e clima) ainda não explorado e grande possibilidade de se maximizar a produção, incrementando o agronegócio apícola. No ano de 2010 o estado do Rio Grande do Sul contabilizou a produção de 7.098 ton. do alimento, tornando-se o maior produtor de mel do país (IBGE, 2010).

A Região Norte, que é responsável por 2,3% de toda produção do país, em 2016 apresentou uma retração de 4,5%. O Pará apresentou a maior produção da Região com 524 toneladas, 1,4% menor do que no ano anterior, enquanto Roraima manteve sua produção estável com 142,8 toneladas (IBGE, 2010).

A qualidade do mel produzido em diferentes regiões do Brasil tem sido avaliada por diferentes autores. Tais estudos têm demonstrado grandes inconformidades do mel comercializado nessas regiões, com a legislação brasileira. O que aponta para a necessidade de uma maior fiscalização na qualidade do produto comercializado em todo o país (PÉRICO et al., 2011).

2.2.1 Composição

A composição do mel depende de diversos fatores como: as fontes vegetais de onde é derivado, o solo, a espécie da abelha, o estado fisiológico da colônia, a maturação do mel e as condições meteorológicas quando da colheita (CAMPOS, 1987; PEREIRA et al., 2003; PENTEADO, PENTEADO, 2008).

O mel é uma solução concentrada de açúcares com predominância de glicose e frutose. Contém ainda uma mistura complexa de outros hidratos de carbono, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais, substâncias aromáticas, pigmentos e grãos de pólen podendo conter cera de abelhas procedente do processo de extração (BRASIL, 2000). Já o *Codex Standard For Honey* (2001) descreve o mel como sendo constituído de diferentes tipos de açúcares, sobrepujando os monossacarídeos glicose e frutose, com teores de proteínas, vitaminas, aminoácidos, enzimas, ácidos orgânicos, substâncias minerais, água, pólen, sacarose, maltose, malesitose e outros oligossacarídeos, além de

baixas concentrações de fungos, algas, leveduras e outras partículas sólidas resultantes do processo de obtenção do mel.

Ele pode apresentar coloração que vai desde quase transparente a castanho escuro. Já sua consistência pode ser fluída, viscosa ou cristalizada (BERTOLDI et al., 2004), sendo que tais características dependem do clima, da fonte floral e de práticas de apicultura individuais (RACOWSKI et al., 2007).

A composição do mel pode ser resumida a três componentes principais: açúcares, água e diversos. A simplicidade aparente esconde um produto dos mais complexos encontrados na natureza. Embora o mel aparente ser uma solução simples de açúcares e água, os outros componentes em conjunto da fonte floral, lhe agrega um alto grau de complexidade, mas de 181 substâncias diferentes já foram encontradas no mel. As diferentes fontes florais são responsáveis pela variação na composição do mel, ou seja, responsáveis pelas suas propriedades físico-química, sensorias, terapêuticas, influenciando também no processo de cristalização (CAMARGO et al., 2006).

A descrição da composição em proteínas e enzimas presentes no mel também é usada como indicador de qualidade. O teor de proteínas no mel é notadamente baixo. Dentre as enzimas se destacam as glicosidases (invertase e sacarase); alfa e beta amilase (diástases); catalase, fosfatase ácida, glicoseoxidase e sais minerais (potássio, sódio, cloro, fósforo, silício, ferro e magnésio), são as mais importantes no mel (NASCIMENTO, 2013).

O mel pode ser classificado a partir de sua origem botânica e técnica de obtenção, já que a composição físico-química e características sensorias como cor e sabor do mel vêm a diferenciar de acordo com a origem floral (ABADIO FINCO, MOURA, SILVA, 2010).

2.2.2 Legislação

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define mel, em sua Resolução número 12, de 1978, como sendo “o produto natural elaborado por abelhas a partir de néctar de flores e/ou exsudatos sacarínicos de plantas”. Sendo que esta resolução apresenta duas classificações para o mel, que são:

- I) Conforme o processo de obtenção, sendo o mel categorizado em:
 - a) mel virgem - produto que flui espontaneamente dos favos, quando desoperculados;
 - b) mel centrifugado - obtido por processo de centrifugação;
 - c) mel prensado - obtido por compressão a frio;
 - d) mel em favos - mantido dentro dos próprios favos.
- II) Conforme suas características físicas e químicas:

- a) mel de mesa;
- b) mel industrial.

Tabela 1. Parâmetros estipulados pela legislação brasileira para mel

| Parâmetro | Valor estipulado |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| Umidade a 105° C | 20 g/100 g |
| Acidez em mililitro de solução normal | Máximo: 50 miliequivalente-grama |
| Sacarose | Máximo: 6 g/100 g |
| Açúcar invertido | Mínimo: 65 % |
| Resíduo mineral fixo | Máximo: 0,6 g/100 g |
| Insolúveis em água | Máximo: 0,1% g/100 g |

Fonte: Brasil (2000), adaptado.

2.3 Apicultura

A apicultura é uma das atividades mais antigas e importantes, que se caracteriza pela criação de abelhas com ferrão originárias da África e Europa, ambas pertencentes ao gênero *Apis* (GONÇALVES, 2000).

Registros mostram que em 1839 se deu início à apicultura no Brasil, com a chegada da espécie *Apis mellifera* L. que é de origem europeia, objetivando atender as necessidades de consumo próprias. Em 1950, devido a doenças e pragas, ocorreram grandes perdas eliminando cerca de 80 % das colmeias, afetando gravemente toda a produção. Buscando uma solução, foram trazidas do continente africano em 1956 as abelhas *Apis mellifera scullata*. Devido a um acidente com os enxames, ocorreu o cruzamento das espécies de abelha, produzindo híbridos que vieram a ser conhecidos como Abelhas africanizadas, este é um marco da revolução da apicultura no Brasil (CHIA-PETTI, BRAGLINI, 2013).

Segundo Abadio Finco, Moura e Silva (2009), atualmente a apicultura tem uma grande importância para o setor do agronegócio nacional. Não há precisão sobre os dados, contudo estima-se que no primeiro semestre de 2002 o Brasil exportou 10,615 toneladas de mel, que no futuro o mercado internacional possa absorver 170 mil toneladas/ano de mel oriundos do Brasil. Relacionado aos aspectos econômicos, a apicultura no Brasil reúne diversos requisitos que possibilita lhe colocar como uma atividade de grande potencial de inclusão social e ambiental, isto é, colaborando com o desenvolvimento sustentável (ABADIO FINCO, MOURA, SILVA, 2010).

O Brasil apresenta um grande potencial apícola e ainda há uma grande possibilidade de maximizar a produção, levando em conta a flora e o clima não explorado, isso incrementaria o agronegócio apícola. Para que possamos desenvolver por completo esse potencial, é necessária instrução para com os agricultores quanto à biologia das abelhas, inserção de técnicas de manejo e colheita de mel, pragas e doenças dos enxames, esclarecer e reafirma a importância econômica, de mercado e comercialização,

para se obter maior adesão dessas informações e métodos, que levarão a apicultura à um novo patamar (EMBRAPA, 2003).

2.4 Parâmetros físico-químicos em mel

2.4.1 Umidade

Todos os alimentos possuem água, não importa qual seja o método de industrialização que tenha sido aplicado, em maior ou menor proporção. A umidade representa a água contida no no alimento e podemos classificá-la em: umidade de superfície, que compete à água livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada e umidade adsorvida, relacionada à água ligada, encontrada no interior do alimento, sem associar quimicamente com o mesmo. A umidade corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida (GOIS et al., 2015).

Na composição do mel, a água é o segundo maior constituinte, variando de 15 a 21%, dependendo do clima, origem floral e colheita, arriscando-se ser alterado também após sua retirada da colmeia, devido às condições de armazenamento, manejo e região, e por ser um alimento muito higroscópico pode facilmente absorver água. Mel que apresenta elevados teores de umidade fermenta com maior desenvoltura. Sendo assim o teor de umidade no mel é uma das características mais importantes, podendo interferir sobre a viscosidade, peso específico, maturidade, cristalização e sabor (CARVALHO et al., 2005; MENDES et al., 2009).

2.4.2 Cinzas totais

A determinação de cinzas retrata a quantidade de minerais no mel. Por meio desta análise é possível verificar e apurar a qualidade, como a falta de higiene, a não decantação, filtração no final do processo de retirada do mel pelo apicultor (EVANGELISTA-RODRIGUES, SILVA, BESSERA, 2005). O mel apresenta uma grande variedade de minerais (K, Na, Ca, Mg, Fe, Zn, dentre outros), eles são essenciais para o organismo e sua integração nas refeições diárias favorece o combate a sua deficiência (WHITE JUNIOR, 1979). É utilizado como um critério de sua qualidade, estando diretamente ligado à origem botânica e geográfica (MARCHINI et al., 2004).

Segundo a legislação brasileira o teor de cinzas encontrado no mel deve variar de 0,02 % a 1 %, podendo atingir o limite máximo de 0,6 % para méis florais (BRASIL, 2000).

2.4.3 Condutividade elétrica (CE)

Segundo Silva (2010), o valor da condutividade elétrica é capaz de indicar a origem do mel, ou seja, ele é capaz de indicar a fonte, se foi néctar ou melato ou se este mel foi adulterado. Além disso, ela é um parâmetro utilizado para detectar se o mel está adulterado, determinar sua origem, se é formado de néctar ou de melato, além de que, determinar se o mel é ou não adequado para estoques de inverno, visto que existem alguns constituintes que aumentam a condutividade elétrica deixando o mel inadequado para as abelhas neste período (CARVALHO et al., 2005).

Segundo Acquarone et al. (2007), a grande importância da condutividade elétrica do mel está diretamente relacionado com a concentração de sais minerais, ácidos orgânicos e proteínas, sendo útil também para a discriminação de méis de diversas origens florais.

A condutividade elétrica do mel se correlaciona diretamente com o teor de cinzas, pH, acidez, proteínas e outras substâncias presentes no mel (ARRUDA, 2003).

Ainda que a condutividade elétrica não seja exigida pela Legislação Brasileira, ela é considerada como um critério para a determinação botânica do mel e na atualidade substitui a análise de teor de cinzas, pois apresenta medições proporcionais ao teor de cinzas (ALVES et al., 2005).

Também, é critério utilizado na comercialização de méis para a Alemanha, pois, quanto maior a condutividade, melhor é o preço pelo mel exportado (ALVES, 2008).

O parâmetro de condutividade elétrica se faz habitualmente em solução aquosa de 20% de mel, o que geralmente fornece valores entre 0,08 a 0,85 mS/cm para méis florais (CRANE, 1983).

2.4.4 Acidez titulável

A acidez do mel ocorre devido às alterações dos ácidos orgânicos e à quantidade de minerais. Tem-se relato de pelo menos 18 ácidos orgânicos, alguns são voláteis e outros inorgânicos, sendo o ácido glucônico o principal, o qual é formado pela ação das bactérias durante o processo de maturação do mel e pela glicose-oxidase, enzima produzida pelas glândulas hipofaríngeas das abelhas (ALVES, 2008).

A acidez e o pH (potencial hidrogeniônico) são apontados como importantes fatores antimicrobianos, pois promovem maior estabilidade ao produto em relação ao desenvolvimento de microrganismos (OPUCHKEVICH, MACOHON, KLOSOWSKI, 2010). A acidez auxilia para a estabilidade do mel, combatendo o desenvolvimento

de microrganismos. Encontra-se no mel os ácidos: acético, benzóico, butírico, cítrico, fenilacético, glucônico, isovalérico, láctico, maléico, oxálico, propiônico, piroglutânico, succínico e valérico, dissolvidos em solução aquosa, produzindo íons de hidrogênio que promovem acidez ativa, tal qual permite apontar as condições de armazenamento e o processo de fermentação (MARCHINI et al., 2004).

2.4.5 pH

Não há indicação de obrigatoriedade para análise de pH na legislação do mel, porém ela é utilizada de forma complementar para avaliação da acidez do mel, sendo considerado um parâmetro de grande importância na extração e no armazenamento desse produto (SILVA, 2010).

A Instrução Normativa número 11, determina que os valores de pH devam estar entre 3,3 e 4,6 para serem considerados aceitáveis para uso comercial (BRASIL, 2000).

Os valores do pH do mel variam normalmente entre 3,5 e 5,5, ou seja, todos são ácidos, graças à abundância de ácidos orgânicos que contribuem diretamente para a estabilidade em frente aos microrganismos presente nele, e o seu “flavor” característico (SILVA, 2010).

O pH pode influenciar diretamente na velocidade de outros componentes os quais afetam a qualidade do produto, ele também pode ser influenciado pelas diferenças na composição do solo ou de espécies vegetais (OPUCHKEVICH, MACOHON, KLOSOWSKI, 2008). Existem diversos fatores que podem influenciar no pH, como, o pH do néctar, solo, associação de vegetais para composição do mel, substâncias mandibulares da abelha acrescidas ao néctar quando transportados até a colmeia (EVANGELISTA-RODRIGUES, SILVA, BESSERA, 2005), concentração de diferentes ácidos e porcentagem de cálcio, sódio, potássio e outros constituintes das cinzas (MARCHINI et al., 2004). A fermentação e/ou adulteração podem ser indicadas pelo valor alterado de pH.

2.4.6 Viscosidade

A viscosidade de um fluido é fundamentalmente uma medida de quanto ele gruda. A temperatura influencia na viscosidade de forma significativa, ou seja, menos viscoso a temperaturas mais elevadas do que quando está frio (VENTURINI, SARCI-NELLI, SILVA, 2007).

A viscosidade de um mel está diretamente ligada à quantidade de água e está assim relacionada à sua densidade relativa, ou seja, quanto menor for o teor de água, maior a densidade e viscosidade (CRANE, 1983).

De acordo com Abu-Jdayil et al. (2002) há diversos fatores que podem influenciar na viscosidade do mel incluindo a composição, temperatura, conteúdo de água, densidade relativa e alto conteúdo de proteína.

As cadeias moleculares longas de açúcares são quem regem a viscosidade do mel. Durante o processamento do mel, a viscosidade é um parâmetro técnico importante já que há uma redução da sua fluidez ao longo da cadeia de processamento, extração, filtração e envase (OLAITAN, ADELEKE, OLA, 2007).

2.4.7 Sólidos solúveis totais (SST)

Os sólidos solúveis correspondem a toda a matéria que se encontram dissolvidas em um determinado solvente. São formados principalmente por açúcares, que variam de acordo com a flora e o clima, sendo medidos em ° Brix, e tendo tendência de aumento de acordo com a maturação do mel (CHITARRA, CHITARRA, 2005). Segundo Adolfo Lutz (2008) a determinação de sólidos solúveis pode ser estimada pela medida de seu índice de refração por comparação com tabelas de referência.

Esse parâmetro tem sido muito utilizado no processamento e conservação de alimentos; elaboração de xaropes; qualidade de sucos processados, etc. (PARK, ANTONIO, 2006).

No mel, o teor de sólidos solúveis e o teor de açúcares totais são muito próximos, o que faz com que esta técnica, simples e econômica, seja importante e de grande utilização (BRASIL, 2000).

2.4.8 Sólidos insolúveis totais (SIT)

Os sólidos insolúveis totais (SIT) correspondem aos resíduos de cera, patas e asas das abelhas, além de outros elementos inerentes do mel ou do processamento que tenha sido sujeito. A realização desta análise permite detectar as impurezas presentes no mel. Tornando-se uma importante medida de controle higiênico (SILVA et al., 2006).

O valor máximo permitido é de 0,1 g/100 g de mel, a não ser para o mel prensado que se permite até 0,5 g/100 g, exclusivamente em produtos acondicionados para venda direta ao público (BRASIL, 2000).

2.4.9 Açúcares

Como um dos principais constituintes do mel, os açúcares se apresentam em grande abundância e uma vasta distribuição entre os alimentos, evidenciando diversas funções como: nutricional, adoçante, matéria-prima para produtos fermentados, ingrediente essencial dos cereais, responsável por propriedades reológicas de muitos

alimentos de origem vegetal e pela reação de escurecimento em alimentos (PARK, ANTONIO, 2006).

Os açúcares são os principais componentes do mel, no qual 80 % são monossacarídeos (frutose e glicose) e o restante dissacarídeo (sacarose e maltose). Os açúcares redutores apresentam habilidade de reduzir íons de cobre em solução alcalina, sendo que a glicose apresenta solubilidade baixa e determina à tendência a cristalização, já a frutose possibilita a doçura em razão da alta higroscopicidade (CARVALHO et al., 2005).

A instrução normativa nº 11 de 2000 define que a quantidade de açúcares redutores para mel floral é de no mínimo 65 g/100 g de mel e no mel de melato mínimo de 60 g/100 g de mel (BRASIL, 2000).

2.4.10 Cor do mel

A coloração do mel é influenciada pelos metais, sendo que quanto maior a concentração de metais, mais escuro é o mel. Porém diversos fatores podem alterar esta relação: a origem floral ou não, região, espécie de abelhas e tipo de manejo (ALVES, 2008).

A origem floral do mel é um fator determinante quanto a sua coloração, podendo ser claro, vermelho, dourado ou escuro. O sabor e aroma apresentam alterações dependendo da coloração, preservando o valor nutritivo. Quanto mais escuro o mel, maior quantidade de minerais este possui, entretanto menor valor comercial, pois no mercado mundial, a coloração clara é mais aceita sendo vendido com maior preço. Foi encontrada em méis de diferentes origens botânicas a predominância da cor clara sobre a escura (VENTURINI, SARCINELLI, SILVA, 2007).

A cor do mel pode ser determinada através da chamada escala de Pfund, que é dada na Tabela 2, sendo que a coloração dos méis pode variar do branco âmbar ao âmbar escuro, de acordo com essa, que foi criada pela Companhia Manufatora Koehler, nos EUA (MEDEIROS, SOUZA, 2016).

Tabela 2. Escala de Pfund para coloração do mel.

| Cor do Mel | mm Pfund | Absorvância |
|-------------------|-------------|---------------|
| Branco-água | 0 - 8 | 0,104 - 0,125 |
| Extra-branco | 8 - 16,5 | 0,125 - 0,148 |
| Branco | 16,5 - 34 | 0,148 - 0,195 |
| Âmbar extra-claro | 34 - 50 | 0,195 - 0,238 |
| Âmbar claro | 50 - 85 | 0,238 - 0,333 |
| Âmbar | 85 - 114 | 0,333 - 0,411 |
| Âmbar escuro | 144 ou mais | 0,411 ou mais |

Fonte: Vargas (2006), adaptada.

Com o passar do tempo, naturalmente os méis se tornam cada vez mais escuros, porém, o processo de colheita também pode influenciar no seu escurecimento, a estocagem mal feita em ambientes muito iluminados e/ou quentes, também podem influenciar diretamente e atuar na aceleração do processo de escurecimento do mel assim como os potes utilizados para armazenar os méis, confeccionados com uma mistura de cera e resina vegetal denominada de cerume, podem deixar o mel mais escurecido quando espremidos (VENTURIERI et al., 2007).

Segundo Wiese (2000), a cor do mel varia de acordo com a sua origem botânica, clima, solo, umidade, altitude e por fim até a manipulação do apicultor pode alterar as características do mel.

A cor é um atributo diretamente ligado a características das flores onde o néctar foi coletado. O aroma e sabor estão relacionados diretamente com a cor do mel e dependem predominantemente de sua origem floral (CAC, 1990; ALVE et al., 2005; LIRIO, 2010).

2.4.11 Densidade

A densidade do mel é relativamente variável, assim como a sua constituição, sendo que, a 20° C ele apresenta densidade máxima de 1,452 g mL⁻¹, média de 1,420 g mL⁻¹, e mínima de 1,400 g mL⁻¹, que correspondem diretamente a 85,66°, 80,3° e 77,74° Brix, a 20 °C (TOL-FILHO, FERNANDES, 2005).

A densidade do mel é mais elevada que grande parte dos alimentos, sendo que seu valor chega a quase 50 % mais elevada que a densidade da água, portanto, o mel ocupa pouco mais espaço do que dois terços do espaço ocupado pela mesma massa de água, e a sua densidade geralmente varia entre 1,40 e 1,44, a 20° C, oscilando de acordo com o teor de água. Através da medida da densidade relativa do mel avalia-se de modo mais fácil o conteúdo de água no mel (CRANE, 1983).

2.5 Quimiometria e métodos estatísticos

Ferreira (2005, p.13) diz que “a quimiometria é a área que emergiu da necessidade de extrair informação química que de outra forma estaria soterrada na avalanche de dados produzidos pela moderna instrumentação”, além disso, “a designação ‘quimiometria’ foi usada pela primeira vez em 1971 pelo químico orgânico Svante Wold” (FERREIRA, 2015, p.18).

2.5.1 Análise de variância (ANOVA)

A análise de variância ou ANOVA, do termo inglês *ANalysis OF VArience*, introduzida por R. A. Fischer, daí também ser conhecido esse teste por teste F, faz uma com-

paração entre a magnitude das variações de mais de duas amostras, decompondo a variância total em duas partes: entre as amostras e dentro de cada tratamento (AYRES et al. , 2007). Esse teste é uma generalização do teste t de Student para duas médias, quando o número de amostras a ser testado é superior a dois (DIAZ, LÓPEZ, 2008).

O resultado obtido em uma ANOVA não indica quais são as amostras (tratamentos) significativamente diferentes entre si quando comparados dois a dois; apenas indica se as amostras (tratamentos) são significativamente iguais (quando se aceita a hipótese nula), ou se há pelo menos uma das amostras que é significativamente distinta das demais (quando se aceita a hipótese alternativa), mas sem identificar quantas e quais são diferentes (CALLEGARI-JACQUES, 2008).

2.5.1.1 Teste de Tukey

Bussab (2014) lembra que a análise de variância é apenas a primeira etapa para o estudo comparativo de médias de vários grupos, e, quando o modelo que está em investigação apresenta pouco poder de previsão, isto é, quando não existir evidências para rejeitar a hipótese de igualdade entre as médias, aí sim a análise é final. Caso contrário, ou seja, se a hipótese nula for rejeitada, um teste complementar deve ser executado, como o teste de Tukey.

O teste de Tukey é um complemento ao teste de ANOVA e que objetiva identificar quais as médias que, quando comparadas duas a duas, diferem significativamente entre si. Pode-se testar k grupos experimentais, realizando-se $k(k-1)/2$ comparações de médias duas a duas (CALLEGARI-JACQUES, 2008).

Segundo Vieira (1980), o teste de Tukey permite estabelecer a diferença mínima significativa (dms), isto é, a menor diferença de médias de amostras (tratamentos) que deve ser considerada como sendo estatisticamente significativa, dado certo nível de significância. Tal diferença é dada pela equação (1).

$$dms = q \cdot \sqrt{\frac{QMR}{n}} \quad (1)$$

em que q é um valor tabelado conforme os graus de liberdade e o nível de significância considerados; QMR é o quadrado médio do resíduo da ANOVA, e n é o número de amostras (tratamentos).

2.5.2 Análise estatística multivariada

As técnicas utilizadas em quimiometria permite o reconhecimento de padrões, o que se constitui em uma das principais vertentes do uso da estatística multivariada em química e que viabiliza a obtenção de mais informações quando comparado com

os procedimentos univariados que são usualmente adotados (CORREIA, FERREIRA, 2007).

2.5.2.1 Análise de componentes principais (PCA)

Correia e Ferreira (2007, p. 481) dizem que:

A utilização da PCA visa reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados original, preservando a maior quantidade de informação (variância) possível. Essa redução é obtida por meio do estabelecimento de novas variáveis ortogonais entre si, denominadas componentes principais (PCs). Organizadas em ordem decrescente de importância, as PCs são combinações lineares das variáveis originais. Os gráficos obtidos representam as amostras em um sistema cartesiano onde os eixos são as PCs.

Syms (2008) diz que a PCA é uma técnica de ordenação multivariada que tem por objetivo encontrar padrões de comportamento em dados interdependentes e não agrupados, diminuindo o número de dimensões e, assim, mostrando a posição dos dados em variáveis latentes (denominados de componentes principais ou PCs), os quais são não correlacionados. Assim, a PCA procura reter a maior quantidade de informação e variabilidade existente nos dados, ordenando os PCs de forma que os primeiros contêm a maior parte da informação e variação presente nas variáveis originais.

O primeiro PC formado é a combinação linear que representa a maior variação do conjunto de dados, enquanto o segundo, ortogonal ao primeiro, possui a segunda maior variação, e assim por diante. Os valores dessas novas variáveis são chamados de valores fatoriais e podem ser interpretados geometricamente (JOHNSON; WICHERN, 2007; RENCHER; CHRISTENSEN, 2012).

2.5.2.2 Análise hierárquica de agrupamento (HCA)

De acordo com Correa e Ferreira (2007), a análise hierárquica de agrupamentos ou em inglês, *Hierarchical Clusters Analysis* (HCA) busca reunir as amostras em classes, baseando-se na similaridade dos participantes de uma mesma classe, e nas diferenças entre os membros de classes diferentes.

Correia e Ferreira (2007, p. 481) dizem que:

A HCA busca agrupar as amostras em classes, baseando-se na similaridade dos participantes de uma mesma classe e nas diferenças entre os membros de classes diferentes. A representação gráfica obtida é chamada de dendrograma, um gráfico bidimensional independentemente do número de variáveis do conjunto de dados.

Ferreira (2015) reporta que a técnica de Análise de Agrupamentos Hierárquicos (HCA) se originou da taxonomia numérica que foi desenvolvida principalmente por biólogos no estudo de semelhanças entre organismos de distintas espécies, gêneros, família, etc.

A HCA é um dos métodos não-supervisionados de reconhecimento de padrões, sendo adequado para descobrir padrões naturais de comportamento entre amostras com base em um perfil multivariado, sendo útil na redução da dimensionalidade dos dados de grande porte (FERREIRA, 2015).

A finalidade de uma HCA é reunir amostras (objetos) de tal maneira que aquelas que pertençam a um mesmo grupo sejam mais parecidas entre si do que aquelas pertencentes aos outros grupos. A ideia é maximizar a homogeneidade interna, dentro de grupos, e maximizar a heterogeneidade entre os grupos (AYRES et al. 2007, FERREIRA, 2015).

Ayres et al. (2007) lembram que a HCA é um método exploratório, não um teste estatístico, contemplando uma gama de algoritmos para a classificação dos objetos (amostras) conforme o grau de similaridade, na tentativa de estabelecer uma estrutura, mesmo que essa realmente não exista.

Na HCA o processo de agrupamento hierárquico de dados multivariados é representado graficamente em um esquema bidimensional, em formato de uma árvore hierárquica ou dendrograma, o que nada mais é do que um gráfico representando a estrutura hierárquica dos dados, onde os comprimentos dos ramos da árvore representam o grau de similaridade entre as amostras (objetos) (FERREIRA, 2015).



CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS



3.1 Coleta das amostras

Foram obtidas cinco amostras provenientes de cada uma das seis localidades do nordeste do Estado do Pará, totalizando 30 amostras, conforme exposto na Tabela 3.

Tabela 3. Codificação das amostras

| Amostra | Origem |
|---------|------------------------|
| A1 a A5 | Curuçá |
| B1 a B5 | Dom Elizeu |
| C1 a C5 | Ipixuna do Pará |
| D1 a D5 | Santa Maria do Pará |
| E1 a E5 | Igarapé Açú (Capoeira) |
| F1 a F5 | Igarapé Açú (Mangue) |

Tais amostras foram adquiridas diretamente dos produtores rurais (apicultores), envasadas em garrafas de plástico transparentes. Após a aquisição das amostras, estas foram levadas para o Laboratório de Química da Faculdade de Farmácia da UFPA, onde permaneceram armazenadas até serem analisadas, em temperatura ambiente.

3.2 Análises físico-químicas

Foram realizadas 11 análises físico-químicas nas amostras em estudo, tendo sido todos os ensaios desenvolvidos em triplicata.

3.2.1 Umidade ou perda por dessecação

Foram pesados cerca de 5,0 g de mel em cadinho de porcelana de forma alta, de 75 mL, previamente aferido, seguindo-se secagem em estufa a 105° C, por 24 h. Após resfriamento em dessecador, foi executada a pesagem da massa final e o teor de umidade foi então determinado através da equação (2) (ADOLFO LUTZ, 2008).

$$U = 100 - \frac{m_f - m_c}{m_i} \cdot 100 \quad (2)$$

onde m_f é a massa após secagem; m_c é a massa do cadinho e m_i é a massa inicial de mel.

3.2.2 Cinzas total

Foram pesados 5,0 g de mel em cadinho de porcelana de forma alta, de 75 mL, previamente aferido, que foi aquecido em estufa a 105° C por 24 h. Depois se processou a incineração da amostra em forno mufla a 450° C até que só restasse uma cinza branca no cadinho. Então o cadinho foi levado para dessecador, onde resfriou para a pesagem do conjunto cadinho mais cinzas (ADOLFO LUTZ, 2008). O teor de cinzas foi determinado via emprego da equação 3.

$$\text{Cinzas (\%)} = \frac{m_f - m_c}{m_i} \cdot 100 \quad (3)$$

onde m_f é a massa após incineração; m_c é a massa do cadinho e m_i é a massa inicial de mel.

3.2.3 Viscosidade

Utilizou-se um viscosímetro manual copo Ford número 3, da NALGON, para realizar essa determinação. Preencheu-se o copo com a amostra de mel. Fechou-se o orifício do copo Ford e encheu até o nível máximo com amostra. Removeu-se o excesso do produto. Liberou-se o orifício e acionou-se simultaneamente o cronômetro. Parou-se o cronômetro quando a primeira interrupção do fluxo aconteceu e anotou-se o tempo em segundos, ao final de cada leitura de cada amostra foi realizado lavagem com água corrente para pode se iniciar novo procedimento. O tempo de escoamento foi transformado para viscosidade através da equação (4), fornecida pelo fabricante do aparelho, em que v é a viscosidade (em cSt) e t é o tempo de escoamento (s).

$$v = 2,51 \cdot (t - 6,23) \quad (4)$$

3.2.4 pH

Foram pesados 5,0 g de mel e em seguida preparada uma solução aquosa a 10 % p/v, na qual foi inserida o eletrodo de um pHmetro previamente calibrado com soluções padrão pH 4,00 e pH 7,00, obtendo-se a leitura do pH diretamente no *display* do aparelho.

3.2.5 Condutividade Elétrica (CE)

Foram pesados 10 g de mel em erlenmeyer de 250 mL e depois diluído com 75 mL de água destilada. Esta solução foi levada à mesa agitadora por trinta minutos para melhor homogeneização. Então, foi introduzido um condutivímetro portátil com precisão $\pm 2\%$ e resolução em 0,01 mS/cm, e faixa de leitura entre 0 e 19,99 mS/cm, para a obtenção do valor de condutividade elétrica (SILVA, 2010).

3.2.6 Densidade do mel

A leitura feita através do emprego de um refratômetro portátil ATAGO 090 específico para trabalho com mel. Para tanto foi realizada a deposição de uma ou duas gotas de mel sobre o prisma do aparelho e leitura em escala direta na escala interna (graus Baumé). Para conversão de graus Baumé para densidade, foi utilizada a equação (5), em que d é a densidade e $^{\circ}\text{Be}$ é o valor de graus Baumé lido diretamente da escala do refratômetro.

$$d = \frac{145}{145 - \theta_{Be}} \quad (5)$$

3.2.7 Acidez titulável

A acidez foi determinada pelo princípio da volumetria de neutralização. Foram pesados 5 g de amostra e diluída com 75 mL de água destilada. A solução resultante foi titulada com solução 0,01 mol L⁻¹ de NaOH, utilizando como indicador a fenolftaleína a 1%. O término da titulação foi sinalizado pelo aparecimento de uma coloração rosa na solução (AOC, 1990). O volume de NaOH gasto na titulação foi utilizado para o cálculo. A acidez foi determinada pela equação (6), em que V é o número de mL de solução de NaOH 0,01mol L⁻¹ gasto na titulação; fc é o fator da solução de NaOH 0,01 mol L⁻¹ é a concentração da solução de NaOH; e A é o peso da amostra.

$$\text{Acidez} = \frac{V \cdot Fc \cdot N \cdot 1000}{A} \quad (6)$$

3.2.8 Açúcares redutores (AR)

A metodologia empregada para análise dos açúcares redutores foi a indicada pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), que é o método titulométrico, também conhecida como método de Lane-Eynon. Segundo Lopes (2015), os açúcares redutores têm a capacidade de reduzir um volume conhecido do reagente de cobre alcalino (solução de Fehling), passando de Cobre II para Cobre I (redução de íons cúpricos em cuprosos), sendo que os açúcares são oxidados a ácidos orgânicos. O ponto final é indicado pelo azul de metileno que é reduzido a sua forma neutra por um pequeno excesso de açúcar redutor, de acordo com as Normas Analíticas do Laboratório Nacional de Referência Animal (LANARA, 1981).

Para a análise de cada uma das amostras, foi preparada uma solução de mel a 20 % (m/v) e desta se retirou uma alíquota de 5,0 mL, sendo transferida para balão volumétrico de 100,0 mL. Esta solução foi titulada com outra solução contendo 5,0 mL de solução de Fehling A e 5,0 mL de solução Fehling B, mais 20,0 mL de água e uma gota de solução 1% de azul de metileno, como indicador (ADOLFO LUTZ, 2008). Os resultados foram encontrados utilizando a seguinte equação (7), em que T é o título da solução de Fehling; V é o volume em mL de amostra gasta na titulação; m é a massa da amostra, em gramas.

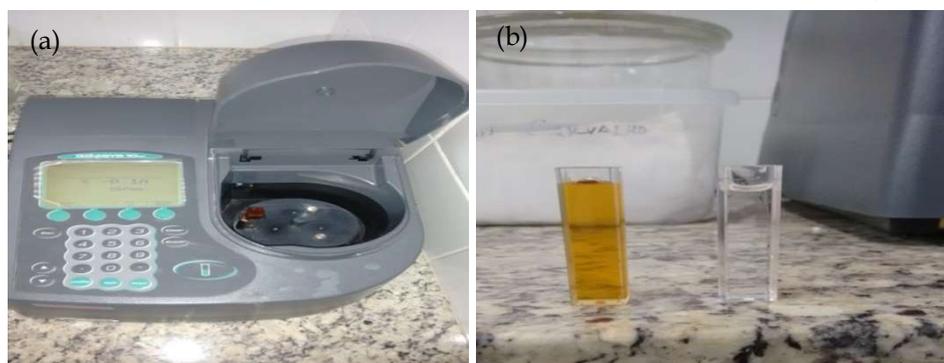
$$\% \text{ glicídios redutores} = \frac{100 \cdot 100 \cdot T}{V \cdot m} \quad (7)$$

3.2.9 Cor

A determinação da cor das amostras de mel foi feita com a utilização de um espectrofotômetro (Figura 1a), com cubetas de vidro óptico (Figura 1b), de volume igual

a 3,5 mL e 1 cm de caminho óptico, empregando-se a glicerina pura como referência, e anotando-se o valor da absorvância das amostras para um comprimento de onda de 560 nm (LANARA, 1981).

Figura 1. Espectrofotômetro (a) utilizado e cubetas utilizadas contendo mel e glicerina (b)



Os resultados de absorvância obtidos foram convertidos para cor se utilizando a classificação do mel dada na Tabela 4.

Tabela 4. Escala de Pfund para coloração do mel.

| Mel | mm Pfund | Absorvância |
|-------------------|-------------|---------------|
| Branco-água | 0 - 8 | 0,104 - 0,125 |
| Extra-branco | 8 - 16,5 | 0,125 - 0,148 |
| Branco | 16,5 - 34 | 0,148 - 0,195 |
| Âmbar extra-claro | 34 - 50 | 0,195 - 0,238 |
| Âmbar claro | 50 - 85 | 0,238 - 0,333 |
| Âmbar | 85 - 114 | 0,333 - 0,411 |
| Âmbar escuro | 144 ou mais | 0,411 ou mais |

Fonte: Vargas (2006).

3.2.10 Sólidos solúveis totais (SST)

Para a determinação de sólidos solúveis totais foi empregado o método por refratometria a 20 °C (BRASIL, 2000). Foi usando um refratômetro para leituras em mel com escala entre 58 a 90° Brix, em intervalos de 0,5° Brix (o mesmo de densidade). Para a leitura das amostras foram utilizadas uma ou duas gotas de mel. Para limpeza do prisma entre leituras foi empregada a acetona.

3.2.11 Sólidos insolúveis totais (SIT)

Em sólidos insolúveis totais (SIT) foi empregada a metodologia gravimétrica sugerida por CAC (2001) e recomendada pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 2000).

Foram pesados 20 g de mel em erlenmeyer de 250 mL, e a esta massa foi adicionado uma quantidade de água aquecida a 80 °C, suficiente para dissolver totalmente o mel. Em seguida, a solução foi filtrada em papel de filtro quantitativo, previamente seco em estufa a 105 °C por 1 h. No término da filtração o papel de filtro foi lavado com água destilada a 80 °C até a ausência de açúcares, o que foi constatado transferindo 10

mL do filtrado para um tubo de ensaio e acrescentado duas gotas de ácido sulfúrico e duas gotas de solução de floroglucina 4 a 2% (LANARA, 1981).

Após a filtração e lavagem do papel de filtro, este foi levado para a estufa a 135 °C por 1 h. Depois de seco e resfriado em dessecador até temperatura ambiente, o papel de filtro foi pesado em balança analítica. A determinação do teor de sólidos insolúveis foi feita através do emprego da equação (8).

$$S.I.T. = \frac{(\text{massa do papel de filtro após filtração} - \text{massa do papel de filtro seco})}{(\text{massa total da amostra})} \cdot 100\% \quad (8)$$

3.3 Análises estatísticas

Aos dados obtidos para cada um dos 11 variáveis físico-químicas estudadas, foi aplicada uma ANOVA de um fator, seguida de teste de Tukey para verificar se os méis apresentavam tais parâmetros variantes conforme a origem. Para isso se utilizou o programa BioEstat 5.0 e se adotou um nível de significância de 95 %.

Ao conjunto de todos os parâmetros reunidos se aplicou as técnicas multivariadas de análise de componentes principais (PCA) e de análise hierárquica de agrupamentos (HCA), tomando-se os dados padronizados, para se verificar a possível discriminação das amostras conforme suas origens, o que foi realizado se empregando o programa MINITAB 17.



CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES



4.1 Parâmetros físico-químicos

As Tabelas 5 e 6 trazem os resultados obtidos para as onze variáveis físico-químicas das amostras de mel analisadas.

Tabela 5. Resultados de umidade, pH, condutividade elétrica (CE), sólidos solúveis totais (SST), densidade e cinzas encontrados para as amostras de mel estudadas

| Amostra | Umidade (%) | pH | CE (mS/cm) | SST (° Brix) | Densidade (g mL ⁻¹) | Cinzas (%) |
|--------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| A1 | 20,07 ± 0,21 | 4,12 ± 0,07 | 48,10 ± 1,91 | 78,03 ± 0,12 | 1,401 ± 0,002 | 2,04 ± 0,01 |
| A2 | 20,13 ± 0,15 | 4,08 ± 0,11 | 46,20 ± 1,39 | 78,00 ± 0,10 | 1,401 ± 0,001 | 3,27 ± 0,10 |
| A3 | 19,93 ± 0,06 | 3,99 ± 0,03 | 49,23 ± 1,95 | 78,13 ± 0,06 | 1,402 ± 0,000 | 3,37 ± 0,44 |
| A4 | 19,90 ± 0,17 | 3,92 ± 0,10 | 49,17 ± 1,23 | 78,13 ± 0,12 | 1,403 ± 0,002 | 3,98 ± 0,15 |
| A5 | 19,87 ± 0,06 | 3,92 ± 0,10 | 47,53 ± 1,34 | 78,20 ± 0,10 | 1,403 ± 0,001 | 3,15 ± 1,32 |
| Geral | 19,98^a ± 0,16 | 3,99^a ± 0,12 | 48,80^a ± 1,78 | 78,10^a ± 0,11 | 1,402^a ± 0,001 | 2,72^a ± 1,12 |
| B1 | 18,87 ± 0,06 | 4,19 ± 0,43 | 96,77 ± 2,65 | 79,73 ± 0,06 | 1,411 ± 0,001 | 2,59 ± 0,22 |
| B2 | 18,87 ± 0,06 | 3,50 ± 0,30 | 97,70 ± 1,08 | 79,70 ± 0,10 | 1,410 ± 0,001 | 1,67 ± 0,15 |
| B3 | 18,97 ± 0,06 | 3,36 ± 0,38 | 97,87 ± 0,80 | 79,63 ± 0,06 | 1,410 ± 0,001 | 2,43 ± 0,38 |
| B4 | 18,87 ± 0,06 | 3,76 ± 0,16 | 97,27 ± 0,15 | 79,77 ± 0,06 | 1,411 ± 0,000 | 2,44 ± 0,43 |
| B5 | 18,87 ± 0,06 | 3,92 ± 0,02 | 97,87 ± 0,60 | 79,77 ± 0,06 | 1,411 ± 0,000 | 2,31 ± 0,24 |
| Geral | 18,89^b ± 0,06 | 3,77^a ± 0,38 | 97,49^b ± 1,23 | 79,72^b ± 0,08 | 1,410^b ± 0,001 | 2,27^a ± 0,65 |
| C1 | 20,17 ± 0,06 | 3,65 ± 0,02 | 104,67 ± 0,84 | 78,07 ± 0,06 | 1,401 ± 0,001 | 1,53 ± 0,20 |
| C2 | 20,10 ± 0,00 | 3,64 ± 0,02 | 103,30 ± 0,70 | 78,03 ± 0,06 | 1,402 ± 0,000 | 1,65 ± 0,01 |
| C3 | 20,00 ± 0,00 | 3,64 ± 0,01 | 104,37 ± 0,84 | 78,20 ± 0,00 | 1,401 ± 0,000 | 1,68 ± 0,05 |
| C4 | 20,13 ± 0,06 | 3,64 ± 0,01 | 103,67 ± 1,11 | 78,10 ± 0,00 | 1,401 ± 0,000 | 1,55 ± 0,56 |
| C5 | 20,07 ± 0,12 | 3,62 ± 0,01 | 97,87 ± 0,60 | 78,17 ± 0,06 | 1,402 ± 0,001 | 1,11 ± 0,05 |
| Geral | 20,09^a ± 0,08 | 3,64^a ± 0,01 | 103,75^c ± 1,13 | 78,11^a ± 0,07 | 1,401^a ± 0,001 | 1,54^b ± 0,65 |
| D1 | 18,90 ± 0,10 | 3,64 ± 0,02 | 117,00 ± 0,46 | 79,37 ± 0,15 | 1,409 ± 0,000 | 3,46 ± 0,41 |
| D2 | 19,00 ± 0,00 | 3,08 ± 0,12 | 112,37 ± 0,40 | 79,20 ± 0,00 | 1,409 ± 0,000 | 2,94 ± 0,05 |
| D3 | 18,87 ± 0,31 | 2,95 ± 0,02 | 117,63 ± 2,31 | 79,43 ± 0,31 | 1,410 ± 0,002 | 5,31 ± 0,30 |
| D4 | 19,07 ± 0,12 | 2,94 ± 0,01 | 121,10 ± 3,49 | 79,17 ± 0,06 | 1,409 ± 0,001 | 5,40 ± 0,37 |
| D5 | 18,90 ± 0,10 | 3,00 ± 0,04 | 116,17 ± 0,32 | 79,43 ± 0,06 | 1,411 ± 0,000 | 2,13 ± 0,22 |
| Geral | 18,95^b ± 0,16 | 3,12^b ± 0,28 | 116,85^d ± 3,31 | 79,32^c ± 0,18 | 1,409^b ± 0,001 | 3,05^c ± 1,55 |
| E1 | 20,17 ± 0,15 | 3,35 ± 0,16 | 54,03 ± 0,57 | 78,13 ± 0,15 | 1,401 ± 0,002 | 1,40 ± 0,52 |
| E2 | 20,13 ± 0,15 | 3,09 ± 0,05 | 53,23 ± 1,31 | 78,17 ± 0,15 | 1,401 ± 0,001 | 1,67 ± 0,05 |
| E3 | 20,13 ± 0,06 | 2,90 ± 0,04 | 55,10 ± 0,82 | 78,17 ± 0,12 | 1,401 ± 0,001 | 1,86 ± 0,07 |
| E4 | 20,03 ± 0,06 | 2,68 ± 0,35 | 55,07 ± 1,55 | 78,33 ± 0,06 | 1,403 ± 0,001 | 1,49 ± 0,20 |
| E5 | 20,03 ± 0,06 | 2,88 ± 0,03 | 54,23 ± 0,81 | 78,23 ± 0,06 | 1,403 ± 0,001 | 1,49 ± 0,20 |
| Geral | 20,10^a ± 0,11 | 2,98^b ± 0,28 | 54,33^e ± 1,16 | 78,21^a ± 0,12 | 1,402^a ± 0,001 | 1,63^b ± 0,91 |
| F1 | 21,43 ± 0,06 | 4,89 ± 0,29 | 151,87 ± 6,10 | 77,00 ± 0,00 | 1,392 ± 0,001 | 2,45 ± 0,26 |
| F2 | 21,33 ± 0,15 | 4,19 ± 0,26 | 156,63 ± 2,12 | 77,07 ± 0,06 | 1,393 ± 0,001 | 2,45 ± 0,42 |
| F3 | 21,53 ± 0,06 | 3,79 ± 0,12 | 156,97 ± 7,35 | 76,90 ± 0,00 | 1,579 ± 0,325 | 2,35 ± 0,34 |
| F4 | 21,70 ± 0,10 | 4,39 ± 0,09 | 150,63 ± 2,06 | 76,90 ± 0,00 | 1,392 ± 0,000 | 2,54 ± 0,28 |
| F5 | 21,90 ± 0,00 | 4,24 ± 0,09 | 154,00 ± 3,02 | 76,83 ± 0,06 | 1,578 ± 0,324 | 2,38 ± 0,32 |
| Geral | 21,58^c ± 0,22 | 4,30^c ± 0,40 | 154,02^f ± 4,73 | 76,94^d ± 0,09 | 1,467^c ± 0,197 | 2,43^a ± 0,93 |

Legenda: A = Curuçá; B = Dom Eliseu; C = Ipixuna do Pará; D = Santa Maria do Pará; E = Igarapé-Açu (capoeira); F = Igarapé-Açu (mangue). Letras iguais significam não haver diferença estatística ao nível de 95% de significância, conforme teste de Tukey.

Tabela 6. Resultados de cor, sólidos insolúveis totais (SIT), acidez, viscosidade e açúcares redutores (AR) encontrados para as amostras de mel estudadas

| Amostra | Cor | SIT (%) | Acidez (meq/kg) | Viscosidade (cSt) | A. R. (%) |
|--------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| A1 | Ambar Claro | 0,42 ± 0,03 | 3,43 ± 0,40 | 236,80 ± 12,48 | 58,51 ± 1,44 |
| A2 | Ambar Claro | 0,52 ± 0,44 | 3,27 ± 0,20 | 249,00 ± 1,58 | 57,38 ± 1,32 |
| A3 | Ambar Claro | 0,62 ± 0,62 | 3,23 ± 0,14 | 248,20 ± 3,03 | 57,83 ± 1,41 |
| A4 | Ambar Claro | 0,22 ± 0,03 | 3,16 ± 0,17 | 300,60 ± 4,39 | 59,42 ± 1,02 |
| A5 | Ambar Claro | 0,24 ± 0,09 | 3,35 ± 0,21 | 366,00 ± 4,47 | 57,59 ± 1,02 |
| Geral | Ambar Claro | 0,41^a ± 0,27 | 3,29^a ± 0,10 | 280,12^a ± 52,81 | 58,15^a ± 1,28 |
| B1 | Ambar Escuro | 0,84 ± 0,41 | 2,87 ± 0,18 | 349,40 ± 14,84 | 64,29 ± 1,75 |
| B2 | Ambar Escuro | 0,40 ± 0,02 | 2,96 ± 0,25 | 358,40 ± 11,97 | 66,26 ± 0,88 |
| B3 | Ambar Escuro | 0,13 ± 0,02 | 3,12 ± 0,06 | 346,80 ± 3,27 | 65,67 ± 0,50 |
| B4 | Ambar Escuro | 0,19 ± 0,01 | 3,11 ± 0,03 | 398,40 ± 38,42 | 63,71 ± 0,82 |
| B5 | Ambar Escuro | 0,17 ± 0,00 | 3,07 ± 0,03 | 435,60 ± 19,39 | 63,44 ± 0,47 |
| Geral | Ambar Escuro | 0,35^b ± 0,17 | 3,03^a ± 0,10 | 377,72^b ± 40,03 | 64,67^b ± 1,42 |
| C1 | Ambar Escuro | 0,26 ± 0,09 | 4,38 ± 0,23 | 235,80 ± 1,92 | 62,73 ± 1,23 |
| C2 | Ambar Escuro | 0,26 ± 0,01 | 4,51 ± 0,39 | 239,80 ± 6,83 | 62,71 ± 0,46 |
| C3 | Ambar Escuro | 0,33 ± 0,01 | 4,89 ± 0,17 | 263,80 ± 6,38 | 63,82 ± 1,74 |
| C4 | Ambar Escuro | 0,31 ± 0,20 | 4,89 ± 0,10 | 254,20 ± 6,22 | 64,94 ± 1,71 |
| C5 | Ambar Escuro | 0,27 ± 0,10 | 4,81 ± 0,06 | 244,20 ± 3,42 | 63,25 ± 0,81 |
| Geral | Ambar Escuro | 0,29^c ± 0,08 | 4,70^b ± 0,13 | 247,56^a ± 11,46 | 63,49^b ± 1,39 |
| D1 | Ambar Escuro | 0,30 ± 0,19 | 4,68 ± 0,02 | 360,00 ± 5,79 | 59,20 ± 2,17 |
| D2 | Ambar Escuro | 0,55 ± 0,07 | 4,22 ± 0,37 | 359,40 ± 7,89 | 58,01 ± 0,67 |
| D3 | Ambar Escuro | 0,50 ± 0,30 | 4,18 ± 0,16 | 372,40 ± 41,85 | 57,13 ± 0,99 |
| D4 | Ambar Escuro | 0,30 ± 0,06 | 4,31 ± 0,23 | 354,60 ± 17,84 | 57,57 ± 1,02 |
| D5 | Ambar Escuro | 0,22 ± 0,03 | 4,46 ± 0,09 | 337,00 ± 27,50 | 58,47 ± 1,04 |
| Geral | Ambar Escuro | 0,37^b ± 0,12 | 4,37^c ± 0,14 | 356,68^b ± 24,98 | 58,08^a ± 1,32 |
| E1 | Ambar Extra-Claro | 0,47 ± 0,25 | 3,56 ± 0,22 | 298,40 ± 22,21 | 65,86 ± 2,21 |
| E2 | Branco | 0,54 ± 0,03 | 3,80 ± 0,34 | 368,40 ± 22,03 | 66,81 ± 3,30 |
| E3 | Ambar Claro | 0,74 ± 0,26 | 3,76 ± 0,36 | 423,80 ± 11,12 | 63,57 ± 0,47 |
| E4 | Ambar Extra-Claro | 0,43 ± 0,04 | 3,73 ± 0,00 | 379,40 ± 16,10 | 64,76 ± 2,99 |
| E5 | Ambar Extra-Claro | 0,57 ± 0,33 | 3,78 ± 0,05 | 398,00 ± 29,68 | 63,57 ± 0,47 |
| Geral | Ambar Extra-Claro | 0,55^d ± 0,14 | 3,72^d ± 0,16 | 373,6^b ± 66,46 | 64,92^b ± 2,31 |
| F1 | Ambar Extra-Claro | 0,25 ± 0,09 | 1,64 ± 0,23 | 229,40 ± 24,14 | 62,83 ± 2,99 |
| F2 | Ambar Extra-Claro | 0,47 ± 0,16 | 1,75 ± 0,14 | 275,60 ± 4,51 | 65,10 ± 2,60 |
| F3 | Ambar Claro | 0,61 ± 0,01 | 1,51 ± 0,29 | 277,40 ± 9,91 | 66,83 ± 1,87 |
| F4 | Ambar Extra-Claro | 0,87 ± 0,34 | 1,78 ± 0,16 | 268,20 ± 1,92 | 65,32 ± 0,50 |
| F5 | Ambar Claro | 0,40 ± 0,04 | 1,71 ± 0,14 | 240,20 ± 5,67 | 66,21 ± 1,04 |
| Geral | Ambar Extra-Claro | 0,52^d ± 0,13 | 1,68^e ± 0,06 | 258,16^a ± 22,89 | 65,26^b ± 1,96 |

Legenda: A = Curuçá; B = Dom Eliseu; C = Ipixuna do Pará; D = Santa Maria do Pará; E = Igarapé-Açu (capoeira); F = Igarapé-Açu (mangue). Letras iguais significam não haver diferença estatística ao nível de 95% de significância, conforme teste de Tukey.

4.1.1 Umidade

Em termos de umidade, os seis méis formaram três grupos: o primeiro, formado pelas amostras das localidades A, C e E (com umidade praticamente no limite legal de umidade); o segundo pelas amostras B e D (de umidade abaixo do limite legal); e o terceiro exclusivamente pelas amostras F (com umidade superior ao limite legal, que é de 20 %, conforme Brasil (2000). Mas quando comparado com os valores obtidos por

Gomes et al. (2017), os valores da amostra F se enquadram, já que os valores obtidos por ele variaram de 14,90 % à 29,25 %, com média de 19,11 %.

Os valores das demais amostras, além de concordarem com a legislação, estão de acordo com resultados obtidos por Pereira (2010), que obteve valores iguais e inferiores a 20 %. Os valores obtidos em A3, A4, A5, B1 a B5 e D1 a D5 se alinharam com os de Santos (2016), que obteve a mínima de 13,8 % e máxima de 19,1 %.

Existem diversos fatores que influenciam no conteúdo de água no mel, como, desde as condições climáticas no dia da colheita como a maturação do mesmo. O mel é um produto que absorve água (higroscópico) e a quantidade de água está diretamente ligada à fermentação indesejada, já que, quanto mais água o mel apresenta, mais suscetível ele é a esse processo. Quando se estabelece teores acima de 20 % indica que o mel sofreu adição de água, ou um processamento indevido, ou foi colhido antes de ficar maduro (MEIRELES, CANÇADO, 2013).

Destaca-se que as amostras F são de origem de uma localidade em região de mangue, onde o ambiente é muito influenciado pelas águas, daí uma possível explicação para a alta umidade desses méis.

4.1.2 pH

Em termos de pH, os méis puderam ser divididos em três agrupamentos, sendo um formado pelas amostras das localidades A, B e C; outro agrupamento formado pelas amostras das localidades D e E (de caráter mais ácido dentre eles) e um último formado exclusivamente pelas amostras da localidade F (com menor acidez). Outra vez o ambiente de mangue parece influenciar nas características físico-químicas do mel.

Em termos gerais, os valores médios encontrados para pH tiveram média de 3,63 e variaram entre 2,68 e 4,89, que é um intervalo mais amplo do que o obtido por Gomes et al. (2017), que foi de 3,08 a 3,83, o que também ocorre quando comparado aos valores obtidos por Souza (2017), que foram entre 3,62 e 4,25, e acontece o mesmo com Meireles e Cançado (2013), que obtiveram valores de 3,35 à 4,23.

O valor de pH recomendado para alimentos é um pH abaixo de 4,5, e para o mel o limite estabelecido é inferior a 4,0, segundo Venturini, Sarcinelli e Silva (2007). Na legislação vigente não há indicação dos valores de pH, porém por indicar processos fermentativos ou adulterações no produto e atestar o estado de conservação do mel é considerada a sua relevância (WELKE et al., 2008).

O valor de pH do mel pode ser influenciado pelo pH do néctar, ou seja, pode estar relacionado diretamente com a composição florística nas áreas de coleta. Existem

outros fatores que contribuem para a variação de pH como as diferenças na composição do solo e/ou da associação de espécies vegetais para a composição final do mel (EVANGELISTA-RODRIGUES; SILVA; BESSERA, 2006), o que pode ser o caso da diferença encontrada para as amostras F, haja vista que o mangue apresenta uma flora específica e distinta dos demais ecossistemas.

Para Sousa et al. (2004), os valores de pH abaixo de 4,5, de modo geral, restringem o crescimento de microrganismos mesófilos, ou seja, a microbiota patogênica e deterioradora, favorecendo assim para maior durabilidade do mel. Sendo assim, todas as amostras tem uma estabilidade frente aos microrganismos, pois possuem pH abaixo de 4,5.

4.1.3 Condutividade Elétrica (CE)

A condutividade elétrica das amostras se mostraram distintas entre todas as localidades, destacando-se que as amostras da localidade A apresentaram menores valores e as da localidade F, provenientes do mangue, apresentaram maiores valores, que correspondem, em média, mais de três vezes a média menor (da localidade A). Esse maior valor médio registrado para as amostras de F também pode ser uma consequência de elas serem de ecossistema de mangue, pois este é de influência marinha, logo, maiores quantidades de íons são esperados no ambiente, e por consequência no néctar e subsequentemente no mel.

No geral, os valores encontrados para condutividade elétrica variaram de 46,20 a 156,97 mS cm⁻¹, com média de 95,75 mS cm⁻¹. A legislação brasileira (BRASIL, 2000) não indica valores de referência para essa característica. No entanto, o *Codex Alimentarius Commission* fixou o máximo de 800 mS cm⁻¹ para o padrão internacional, sendo assim, todas as amostras de mel de *Apis mellifera* L. analisadas neste trabalho estão de acordo com essa legislação internacional.

Percebe-se que os valores encontrados se apresentam um pouco abaixo dos que foram encontrados por Silva (2010), que encontrou valores entre 140 mS cm⁻¹ e 270 mS cm⁻¹, com média de 200 mS cm⁻¹. Também Alves (2005) obteve valores mais elevados com uma condutividade média de 352,25 mS cm⁻¹, com variação entre 267,50 mS cm⁻¹ e 462,00 mS cm⁻¹. Os resultados obtidos neste trabalho também se mostram menores do que os valores de Sodré (2005), que variaram de 192 mS cm⁻¹ a 798,67 mS cm⁻¹ e apresentam valor médio de 452,77 mS cm⁻¹.

Segundo Gomes (2009) e Sodré et al. (2007), a condutividade elétrica auxilia na identifica o da origem floral, já que, este valor varia de acordo com a concentra o de sais minerais, ácidos orgânicos e proteínas presentes no mel (SILVA, 2016).

Segundo Silva (2016), geralmente os méis de melato apresentam uma condutividade mais elevada quando comparados aos monoflorais. Nascimento (2013) verificou que méis com a mesma origem floral apresentam valores de condutividade elétrica similares, mesmo diferindo na época da colheita, origem geográfica e condições climáticas.

4.1.4 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Os resultados mostraram que os méis da localidade B apresentaram uma média igual a 79,72° Brix, o mais elevado, já os da localidade F apresentam uma média de 76,94° Brix, que são os que apresentaram os menores resultados, sendo que, no geral, esses resultados estão compreendidos no intervalo entre 76,83° Brix a 79,77° Brix com média de 78,4° Brix. Também se percebe que os méis das localidades A, C e E apresentaram valores de SST iguais.

Valores semelhantes obtidos por Santos (2016), que encontrou resultados um pouco mais elevados (80,80° Brix, com variação de 78,2° Brix a 82,3° Brix) são compatíveis com os encontrados no presente estudo. Silva et al. (2004) também encontraram valores que apresentam similaridades com os deste trabalho, onde o valor médio foi de 78,70° Brix, em uma faixa de variação de 76,07° Brix a 80,80° Brix, em méis do Piauí.

O valor médio encontrado por Santos (2009), para méis do Maranhão, foi de uma variância de 72,00° Brix a 81,25° Brix e Silva (2010), para méis do Pará, encontrou resultados que expressam uma média igual a 76,74° Brix, estando compreendidos no intervalo entre 72,00° Brix a 80,00° Brix, sendo compatíveis com os valores deste trabalho.

A importância de se avaliar o parâmetro sólidos solúveis totais (expresso em ° Brix) se dá por ele indicar a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvida na água. Os méis estudados possuem alta quantidade de sólidos solúveis. Vale ressaltar que não existe legislação para esse parâmetro, uma vez que sua concentração está relacionada também com a quantidade de açúcares presentes no mel (GOIS et al., 2015).

4.1.5 Densidade

Em termos de densidade, conforme o teste de ANOVA, seguido de Tukey, as amostras puderam ser agrupadas em três grupos: um formado pelas amostras das localidades A, C e E; outro grupo composto pelas amostras das localidades B e D; e um formado pelas amostras da localidade F, exclusivamente.

A média geral é de 1,415 g mL⁻¹ e os valores estão dispostos de 1,392 g mL⁻¹ a 1,578 g mL⁻¹. Bendini e Souza (2004) encontraram um valor médio de 1,41 g mL⁻¹ e os

resultados dele estão em um intervalo de $1,34 \text{ g mL}^{-1}$ a $1,44 \text{ g mL}^{-1}$; estes dados estão bem próximos aos encontrados neste trabalho. Silva (2010) encontrou densidade com variação entre $1,376 \text{ g mL}^{-1}$ e $1,415 \text{ g mL}^{-1}$, com média igual a $1,405 \text{ g mL}^{-1}$ valores próximos aos deste estudo.

Não há valor estipulado para densidade do mel em nenhuma legislação vigente, tanto na brasileira, quanto nas internacionais.

4.1.6 Cinzas totais

É possível notar que as amostras da localidade D apresentam um maior teor médio de cinzas (3,05 %), enquanto as amostras das localidades C e E apresentam os menores valores (1,54 % e 1,63 %). Estes valores estão compreendidos entre 1,11 % e 5,40 %.

A legislação brasileira estabelece como limite máximo permitido para teor de cinzas de mel de abelha o valor 0,60 % (BRASIL, 2000), sendo assim, com base na legislação, todos os méis analisados neste estudo encontram-se acima do limite determinado. O que indica possivelmente altos níveis de metais e outros elementos, que representam o produto final dos resíduos inorgânicos encontrados após a queima (SILVA, 2010). Souza (2017) complementa que a determinação do teor de cinzas pode apontar algumas irregularidades no mel, tais como a contaminação provocada pela não decantação ou filtração no final do processo de extração do produto e quanto adulteração, visando verificar sua qualidade.

Os valores encontrados por este trabalho ficaram bem acima dos de Silva (2010), que obteve o teor médio encontrado igual a 0,21 %, com valores compreendidos entre 0,02 % a 0,63 %. Souza (2017) encontrou em seus estudos os teores de cinzas que variaram de 0,0009 % a 0,0053 %, muito abaixo do limite máximo preconizado pela legislação.

4.1.7 Cor

A predominância da cor das amostras analisadas foram âmbar escuro (50,00 %) seguida das cores âmbar claro (26,67 %), âmbar extra-claro (20,00 %) e branco (3,33 %). Todas as amostras encontram-se em conformidade com a legislação nacional (BRASIL, 2000). Dentre as características sensoriais, a cor é uma das mais importantes, pois influencia diretamente no mercado (MEDEIROS; SOUZA, 2016) como uma das características mais importantes para o consumidor, a cor do mel é determinante, pois muitos escolhem o produto apenas pela aparência (PEREIRA, 2010).

As amostras de méis mais escuros provavelmente devem ser mais ricas em polifenóis e de maior atividade antioxidante, pois, conforme Gomes (2009), “méis de cor escura apresentam um teor de compostos fenólicos superior e conseqüentemente, uma maior atividade antioxidante”. E segundo Venturini (2007), a variação da cor do mel está relacionada com a temperatura, o armazenamento e o teor de minerais contidos em cada mel.

4.1.8 Sólidos insolúveis totais (SIT)

Nota-se que os méis da localidade de F apresentaram a maior média de sólidos insolúveis (0,52 %); enquanto os da localidade C apresentaram a menor média (0,29 %).

A média geral do presente trabalho é de 0,42 % e os valores estão compreendidos entre 0,22 % a 0,87 %, valores que estão acima do limite máximo permitido, que é igual a 0,1 %, determinado pela legislação no Brasil (BRASIL, 2000).

Os resultados obtidos neste trabalho estão mais elevados do que os encontrados por Silva (2010), que expressaram uma média de 0,10 %, com variação entre 0,02 % e 0,25 %. Todavia, Silva (2015) também encontrou valores elevados para méis de *Apis mellifera* L., sendo que seus valores variaram entre de 0,44 % e 0,38 %.

Lopes (2015) encontrou uma média de 0,46 %, com mínimo de 0,44 %, e 0,48 % de máximo, também acima dos limites da legislação e compatíveis com os encontrados aqui. Alves et al. (2011), ao analisar mel de abelhas *Apis mellifera*, também encontraram valores acima do permitido pela legislação brasileira para todas as amostras analisadas (0,19 % a 0,68 %), e bem próximos ao obtido por Braghini et al. (2017), que foram de 0,16 % a 0,36 %.

Pinheiro (2016) descreveu que os sólidos insolúveis são um parâmetro de pureza, pois estão relacionados à elementos que podem ter contaminado o mel durando a produção, tais como resíduos da abelha (cera, patas, e asas de abelha).

4.1.9 Acidez titulável

Os teores de acidez encontrados tem uma amplitude que variaram de 1,51 meq/kg à 4,89 meq/kg, onde as amostras que apresentaram maior teor de acidez foi as da localidade C, e as de menor acidez foi as da localidade F. Todas as amostras estão de acordo com a Instrução Normativa nº 11 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, que estabelece o limite máximo de 50 meq/kg (BRASIL, 2000).

Alvez et al. (2005) encontraram valores de acidez variando entre 18,50 meq/kg e 62,50 meq/kg, ao passo que Gois (2011) obteve valores que variaram de 15,00 meq/kg a 85,33 meq/kg.

Para Lopez (2015), a variável acidez apresentou uma média de 56,44 meq/kg, com valor mínimo de 47,41 meq/kg e máximo de 65,00 meq/kg, indicando que alguns de suas amostras estão fora do padrão da legislação brasileira.

4.1.10 Viscosidade

Os valores encontrados para viscosidade variam de 229,4 cSt a 435,6 cSt, com o valor médio de 315,64 cSt, valores menores dos obtidos por Sodré (2005) que encontrou valores que a variaram entre 536 cSt a 3436 cSt, valores obtidos de amostras dos estados do Ceará e do Piauí. Já Marchini et al. (2002) verificaram um valor médio de 1362,70 cSt, com as amostras variando entre 98 cSt e 5090 cSt, que são maiores do que os valores encontrados no presente estudo.

Segundo Crane (1983), Alvez et al. (2005) e Sodré (2005), a viscosidade do mel é influenciada diretamente por diversos fatores que vão desde a constituição, açúcares, umidade, densidade relativa, conteúdo protéico, e temperatura de seu armazenamento.

Cohen e Weihs (2010), afirmam que temperaturas altas e um elevado teor de umidade, originam um mel de baixa viscosidade.

Apesar da sua importância, para a viscosidade dos méis não há valor estabelecido que constitua critério de avaliação nas legislações vigentes (SODRÉ, 2005).

4.1.11 Açúcar Redutor

Os teores de açúcares redutores obtidos variaram entre 57,13 % e 66,83 %, apresentando uma média igual a 62,43 %. Apenas as amostras B2, B3, E1, E2, F2, F3, F4 e F5 se apresentaram acima do limite mínimo (65,00 %) estabelecido para este parâmetro pela legislação nacional (BRASIL, 2000), ou seja, apenas 26,66 % das amostras não estão dentro do limite estabelecido nacionalmente.

Quando as legislações internacionais (CAC, 2001; BOE, 1986) são levadas em consideração, observa-se que 66,67% das amostras estão dentro do padrão exigido que é de 60,00 %, estando as amostras das localidades A e D abaixo do limite.

Os valores encontrados por Sodré (2005) se apresentaram acima do limite mínimo das legislações nacional e internacionais, variando de 73,37 % a 88,39 %, sendo que suas amostras eram oriundas dos estados Ceará e do Piauí.

O trabalho de Silva (2010), com amostras de mel do Pará, apresentou valores de açúcares redutores variando entre 60,48 % a 77,42 %, onde quatro amostras (20 % do total) se apresentaram abaixo do limite mínimo da legislação brasileira, e 20 % do total, porém, estavam conforme legislações internacionais.

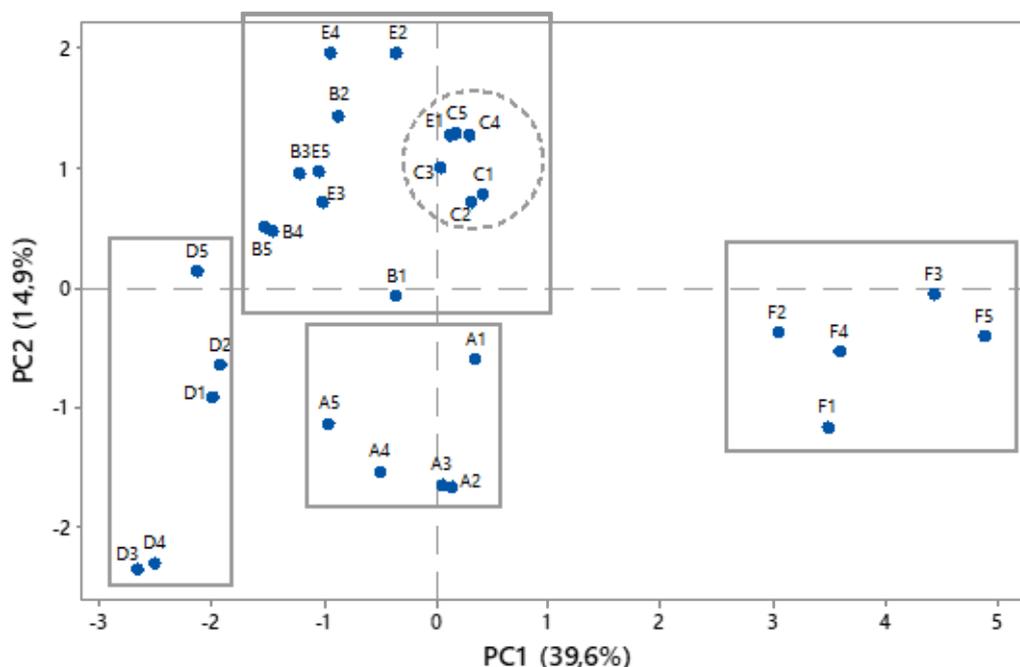
Lopez (2015) encontrou, para os índices de açúcares redutores, valores máximos de 63,43 % e mínimos de 54,55 %, ou seja, todas as amostras estavam fora do padrão da legislação brasileira.

Segundo Silva (2006), os açúcares têm um papel determinante na conservação do mel, pois sua presença é responsável pela pressão osmótica do meio, o que impede que bactérias, mofo, leveduras e outros microrganismos se desenvolvam. O que indica que os méis que estão abaixo do limite mínimo permitido pela legislação oferecem uma melhor condição para a proliferação destes microrganismos.

4.2 Análises multivariadas

A aplicação da análise estatística multivariada conhecida como análise de componentes principais, ou PCA, aos dados obtidos gerou o gráfico presente na Figura 2, que apresenta as duas primeiras componentes principais, sendo que as duas componentes juntas explicam 54,50 % da variabilidade das amostras de mel.

Figura 2. Gráfico das componentes principais para os parâmetros estudados em mel



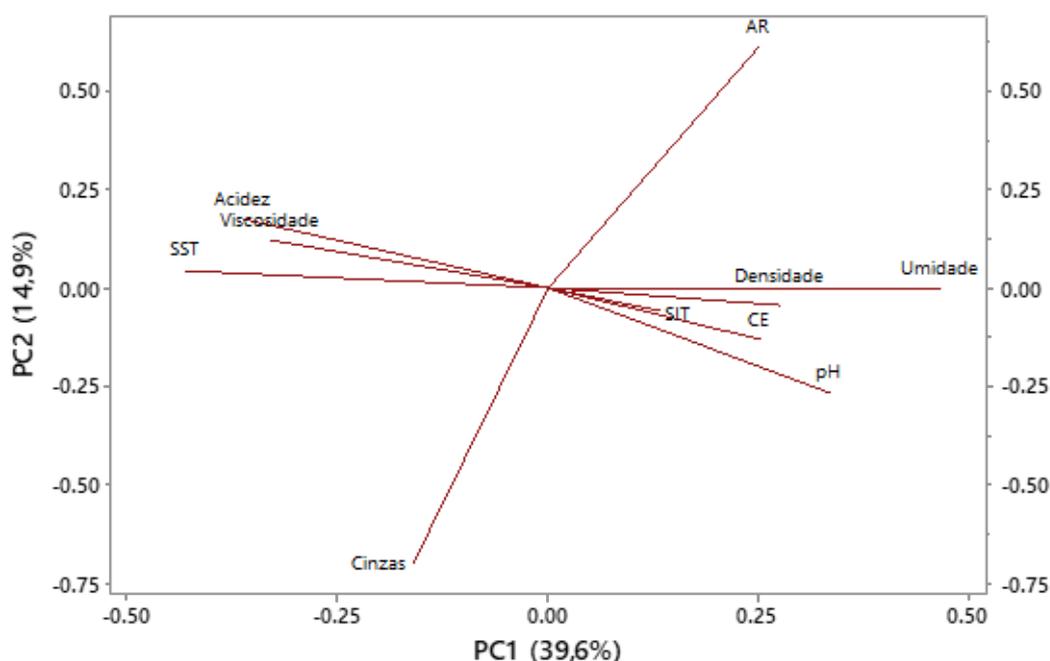
Observa-se que foi possível se separar perfeitamente as amostras de mel provenientes do ecossistema de mangue (amostras F, de Igarapé-Açu) das demais amostras,

indicando que os fatores ambientais exclusivos desta região influenciam fortemente nas características físico-químicas do mel.

Também formaram grupos distintos as amostras da localidade D e da localidade A, mas as amostras das outras três localidades (B, C e E) não puderam ser perfeitamente separadas em grupos individuais, o que sugere a necessidade de se utilizar mais uma componente principal (PC3), ou outros parâmetros para que se consiga uma separação eficiente dos seis grupos de méis estudados.

A Figura 3 apresenta o gráfico dos pesos das variáveis (parâmetros físico-químicos estudados) que contribuíram para a formação das duas componentes principais (PC1 e PC2) do modelo de discriminação dos méis.

Figura 3. Gráfico dos pesos das variáveis utilizadas em componentes principais



Através do gráfico dos pesos se verifica que os parâmetros mais relevantes para a separação das amostras de mel em termos de PC1 foram SST, densidade, CE e SIT, ou seja, analisando a Figura 3 em conjunto com a Figura 2, percebe-se então que são essas variáveis que predominantemente distinguem as amostras de mel do mangue (F) das demais, pois essas amostras se encontram totalmente à direita do gráfico, ao passo que as demais amostras estão à esquerda.

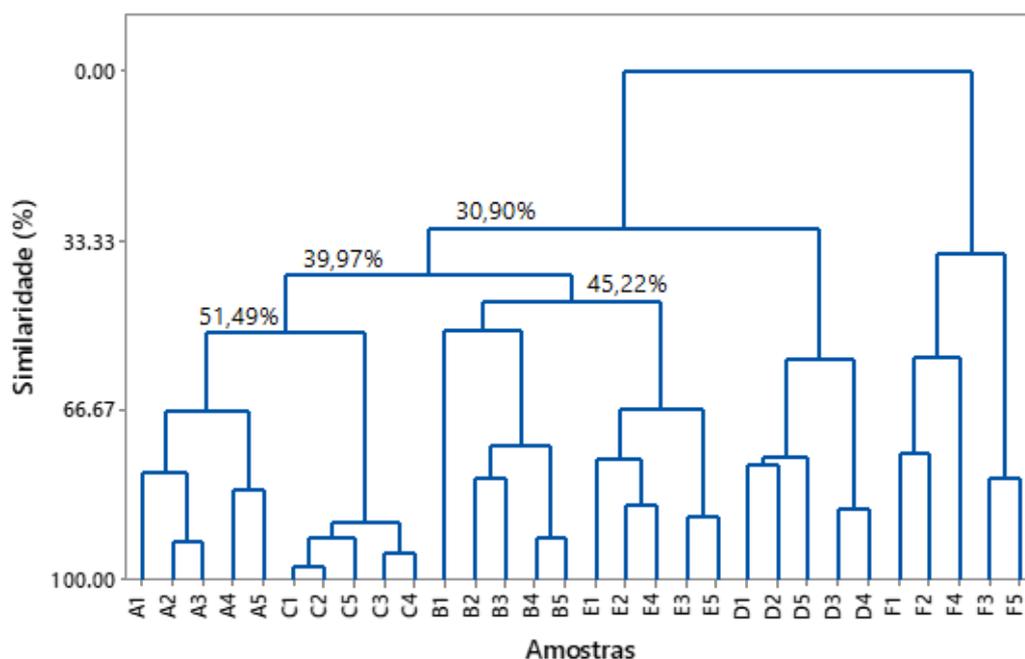
Em termos de PC2, apenas dois parâmetros apresentam maior relevância: as cinzas e os açúcares redutores. Isto quer dizer que esses dois parâmetros contribuíram mais na separação das amostras de mel das localidades A e D em relação as outras três

localidades (B, C e E), pois estas estão na parte inferior do gráfico e as demais na parte superior.

Sendo assim, em conjunto, esses parâmetros estudados mostraram ter uma razoável eficiência na identificação e classificação desses méis, e também servindo para provar que as amostras do ecossistema de mangue são distintas das demais, em termos físico-químicos.

A aplicação da técnica multivariada denominada de análise hierárquica de agrupamentos, ou HCA, utilizando a distância euclidiana com ligação completa e níveis de similaridade, gerou o dendrograma presente na Figura 4.

Figura 4. Dendrograma para as amostras de mel estudadas



Pelo dendrograma se verifica que as amostras de mel da localidade F (Igarapé-Açu, mangue) são completamente diferentes das demais, pois apresenta 0,00 % de similaridade com estas, o que concorda plenamente com os resultados obtidos pela técnica de PCA, pois na Figura 3, essas amostras (F) se encontram em um grupo completamente disjunto das demais, sozinho no lado direito do gráfico.

As amostras dos outros cinco grupos, por sua vez, apresentam alguma similaridade entre si, sendo que as amostras da localidade D apresenta apenas uma similaridade de 30,90 % com as outras quatro; as amostras das localidades A e C apresentam uma similaridade de apenas 39,97 % com as das localidades B e E, sendo que já entre as amostras de A e C, há uma similaridade razoável de 51,49%, e entre as amostras de B e E, uma similaridade de 45,22 %. De forma que, ao contrário do ocorrido com a técnica

de análise de componentes principais, a HCA conseguiu distinguir as amostras conforme suas origens, gerando agrupamentos com amostras de uma mesma localidade. Assim, os parâmetros investigados são suficientes e eficientes na discriminação dos méis destas localidades.





CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES



A caracterização físico-química, como realizada no presente trabalho, é muito importante para avaliar os méis de *Apis mellifera* produzidos por apicultores do nordeste do Pará, reconhecendo a qualidade deste produto, por isso a relevância da realização destas análises, o que possibilita agregar valor ao mel comercializado e abrir novos mercados.

A maioria das amostras de méis analisadas encontra-se dentro das especificações da legislação brasileiras e/ou com valores obtidos em estudos com mel em território nacional ou no exterior, para as características físico-químicas, com exceção dos parâmetros açúcares redutores, cinzas totais, sólidos insolúveis e umidade; onde os açúcares redutores estão ligeiramente acima do padrão, o que indica capacidade bactericida; todas as amostras de cinzas estão mais elevadas do que o valor estabelecido na legislação, o que indica altos níveis de elementos inorgânicos como metais; os sólidos insolúveis apresentam valores acima da legislação, o que indica impurezas como patas, asas e/ou cera de abelha; em relação a umidade apenas uma das categorias de amostra apresenta valores mais elevados do que os indicados pela legislação.

Estes parâmetros indicam uma boa qualidade dos méis do nordeste do Pará, por mais que alguns parâmetros tenham se mostrados mais elevados que os indicados pela legislação, o que assinala que um ou outro produtor tenha que se preocupar mais com a questão da qualidade de seu produto, da coleta correta e da estocagem.

O emprego da técnica estatística multivariada de PCA apresentou uma razoável eficiência na separação das amostras estudadas conforme sua origem, todavia, a técnica de HCA foi excelente nesta separação. Destacando uma perfeita separação dos méis conforme as seis localidades produtoras.

Especial separação aconteceu para os méis da localidade F (mangue) que foram separados dos demais claramente pelas duas técnicas empregadas, o que sugere a forte influência do meio ambiente sobre a qualidade de méis, haja vista que o mangue é um ecossistema bem distinto dos outros pontos de coleta.

REFERÊNCIAS

- ABADIO FINCO, F. D. B.; MOURA, L. L.; SILVA, I. G. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* [online]. vol.30, n.3, 706-712, 2010.
- ABU-JDAYIL, BGHZAI, A. A. M.; AL-MALAH, K. I. M.; et al. Heat effect on rheology of light and dark-colored honey. *Journal of food engineering* v. 51 , p.33-38, 2002.
- ACQUARONE, C.; BUERA, P.; ELIZALDE, B. Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys. *Food Chemistry*, **101**: 695-703, 2007..
- ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. p.181-182
- AIDAR, D. S. Melioponíneos e ecossistema: importância da preservação das espécies (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Inf. Ambiental Univ. Fed. Espírito Santo*, n. 6, p. 7, 1997.
- ALVES, E. M. 2008. Identificação da flora e caracterização do mel orgânico de abelhas africanizadas das Ilhas Floresta e Laranjeira, do Alto Rio Paraná. 63 f. *Tese (Doutorado em Zootecnia)*-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PA.
- ALVES, R. M. O.; CARVALHO, C. A. L.; SOUZA, B. A. Características físico - químicas de amostras de mel de *M. mandaçaia* SMITH (Hymenoptera: Apidae). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 25, 644-650, 2005.
- ALVES, T. T. L.; SILVA, J. N.; MENESES, A. R. V.; HOLANDO NETO, J. P. Caracterização físico-química e avaliação sensorial dos méis produzidos por abelhas *Apis mellifera* oriundos de diversas floradas da região do Cariri Cearense. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, vol. 6, n. 2, p. 169-175, 2011.
- ARAÚJO, D. R.; SILVA, R. H. D.; SOUZA, G. S. Avaliação da qualidade físico-química do mel comercializado na cidade de Crato, CE. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n.1, p. 51- 55, set. 2006.
- ARRUDA, C. M. F. **Características Físico-Químicas e Polínicas de Amostras de Méis de *Apis mellifera* L., 1758 (Hymenoptera, Apidae) da Região da Chapada do Araripe, Município de Santana do Cariri, Estado do Ceará.** Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo, 2003.
- AYRES, M; AYRES JR, M.; AYRES, D. L.; SANTOS, A. A. S. **BioEstat 5.0: Aplicações Estatísticas nas Áreas das Ciências Biológicas e Médicas.** Belém: Instituto de Mamirauá - IDSM/MCT/CNPq, 2007.
- BASTOS, D.H.M. Açúcares do mel: aspectos analíticos. *Revista de Farmácia e Biologia*, v.12, n.1, p.151-157, 1994.
- BELTRÃO, F.; BARROS, M. B. de. Apicultura. Serviço de Informação Agrícola. Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro, 1965. 251p.
-

BERTOLDI, F.C.; GONZAGA, L.; REIS, V.D.A. 2004. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO MEL DE ABELHAS AFRICANIZADAS (*APIS MELLIFERA SCUTELLATA*), COM FLORADA PREDOMINANTE DE HORTELÃ-DO-CAMPO (*HYPTIS CRENATA*), PRODUZIDO NO PANTANAL. IN: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4., 2004, ANAIS... , CORUMBÁ - MS. P. 1 - 4.

BOE, BOLETIN OFICIAL ESPAÑOL. Orden de 12 de junio de 1986, de la Presidencia del Gobierno por la que se aprueban los métodos oficiales de analisis para la miel, Madrid, 18 junio de 1986.

BRAGHINI, F.; CHIAPETTI, E. Comparação das características físico-químicas do mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera*) e abelhas jataí (*Tetragonisca angustula*). 2013. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Tecnologia em Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

BRAGHINI, F.; CHIAPETTI, E. J. F. S. J.; JÚNIOR, P. F.; MILESKI, D. F.; MORÉS, O. S.; COELHO, A. R.; TONIAL, I. B. "Quality of honeys from honey bee (*Apis mellifera*) and jataí (*Tetragonisca angustula*) marketed in the micro-region of Francisco Beltrão" – PR Revista de Ciências Agrárias, 40(1): 279-289, 2017

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº11 de 20 de outubro de 2000. **Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de outubro de 2000.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A.; **ESTATÍSTICA BÁSICA.** 8ª ed., São Paulo: Saraiva, 2014.

CAC. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **CAC/VOL III**, Suppl. 2. ed. 1. Roma: FAO/WHO, 1990.

C.A.C.. CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. *CODEX STAN 12*: Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods, Food and Agriculture Organization of The United Nations, v.11, 7p., 2001.

CALLEGARI-JACQUES, S. M. **BIOESTATÍSTICA: PRINCÍPIOS E APLICAÇÕES.** Porto Alegre: ARTMED, 2008.

CAMARGO, R. C. R.; PEREIRA, F. M.; LOPES, M. T. R.; WOLFF, L. F. MEL: CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES, EMBRAPA, 2006.

CAMPOS, G.; DELLA-MODESTA, R. C.; SILVA, T. J. P.; BAPTISTA, K. E.; GOMIDES, M. F.; GODOY, R. L. CLASSIFICAÇÃO DO MEL EM FLORAL OU MEL DE MELATO. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 23(1): 1-5, jan.-abr. 2003.

CAMPOS, M. G. R. Contribuição para o estudo do mel, pólen, geléia real e própolis. Boletim da Faculdade de Farmácia de Coimbra, Coimbra, v. 11, n. 2, p. 17-47, 1987.

CARVALHO, R. C. *Apis mellifera*: reprodução, polinização e produção de mel. Faculdades Integradas Fafibe; Curso de Ciências Biológicas- Bebedouro (SP), 2010.

CARVALHO, C. A. L. et al. Mel de abelha sem ferrão: contribuição para a caracteri-

- zação físico-química. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI-BA, 2005.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005.
- CODEX STANDARD FOR HONEY. 2001. REVISED CODEX STANDARD FOR HONEY 12-1981, REV.1 (1987), REV.2 (2001).
- COHEN, I.; WEIHS, D. Rheology and microrheology of natural and reduced-calorie Israeli honeys as a model for high-viscosity Newtonian liquids. *Journal of Food Engineering*, **100**: 366-371, 2010.
- CORREIA, P. R. M.; FERREIRA, M. M. C. RECONHECIMENTO DE PADRÕES POR MÉTODOS NÃO SUPERVISIONADOS: EXPLORANDO PROCEDIMENTOS QUI-MIOMÉTRICOS PARA TRATAMENTO DE DADOS ANALÍTICOS. *Quim. Nova*, Vol. 30, No. 2, 481-487, 2007.
- CRANE, E. **O Livro do Mel**. São Paulo: Editora Nobel, 1983.
- DIAZ, F. R.; LÓPEZ, F. J. B. **Bioestatística**. São Paulo: Thomanhoiter, 2008.
- EMBRAPA. Apicultura: Sistema de produção, 2003.
- EVANGELISTA-RODRIGUES, A. SILVA, E. M. S.; BESERRA, E. M. F. Análises físico-químicas de méis de abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em duas regiões no Estado da Paraíba. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.5, set/out, 2005.
- FERREIRA, M. M. C. **QUIMIOMETRIA: Conceitos, Métodos e Aplicações**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2015.
- FUJII, I.A.; RODRIGUES, P.R.M.; FERREIRA, M. do N. *et al.* Caracterização físico química do mel de guaranazeiro (*Paullinia cupana var. sorbilis*) em Alta Floresta, Mato Grosso. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.10, p.645-653, 2009.
- GOIS, G. C. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO MEL DE *Apis mellifera* COMERCIALIZADOS NO ESTADO DA PARAÍBA AREIA - PB, 2011.
- GOIS, G. C.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, L. T.; LIMA, C. B.; PESSOA, R.M.S. Physical and chemical study and honey microbiological quality *Apis mellifera* sold in the State of Paraíba; *Acta Veterinaria Brasilica*, v.9, n.1, p.50-58, 2015.
- GOMES, S. P. M.. **Caracterização e avaliação biológica de méis comerciais**. 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Segurança Alimentar) Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. 2009.
- GOMES, V. V.; DOURADO, G. S.; COSTA, S. C.; LIMA, A. K. O.; SILVA, D. S.; BANDEIRA, A. M. P.; VASCONCELOS, A. A.; TAUBE, P. S. Avaliação da Qualidade do Mel Comercializado no Oeste do Pará, Brasil. *Rev. Virtual Quim.*, 2017, 9 (2).
- GONÇALVES, L. S. Perspectivas da exploração da apicultura com abelhas africaniza-

das no contexto apícola mundial. In: ANAIS DO XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, Florianópolis, 2000.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de mel no período de 01.01 a 31.12, segundo as grandes regiões e as unidades da federação. 2010.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção de mel no período de 01.01 a 31.12, segundo as grandes regiões e as unidades da federação. 2016.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 6a ed. London: Pearson Prentice Hall, 2007.

KOMATSU, S.S.; MARCHINI, L.C.; MORETI, A.C.C.C. Análises físico-químicas de amostras de méis de flores silvestres, de eucalipto e de laranjeira, produzidos por *Apis mellifera* L., 1758 (hymenoptera, apidae) no estado de São Paulo. 2. Conteúdo de açúcares e de proteína, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.22, n.2, p.143-146, 2002.

LANARA - Laboratório Nacional de Referencia Animal. XXV Mel. In__. **Métodos analíticos oficiais para controle de produtos de origem animal e seus ingredientes: II - métodos físicos e químicos**. Brasília: Ministério da Agricultura, 1981, p. 6-7.

LIRIO, F. C. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E SENSORIAL DE MÉIS FLORAIS IRRADIADOS. RIO DE JANEIRO, maio de 2010.

LOPES, A. E. P. Caracterização Físico-Química do Mel da Abelha Jataí (*Tetragonisca angustula*)- TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO- Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, LONDRINA, 2015.

MANRIQUE, A. J.; SOARES, A. E. E. Início de um programa de seleção de abelhas africanizadas para a melhoria na produção de própolis e seu efeito na produção de mel. **Interciência.**, v. 27, n. 6, p. 312-316, 2002.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; MORETI, A. C. C. C. *Mel brasileiro: composição e normas*. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, 2004.

MARCHINI, L. C.; SODRÉ, G. S.; MORETI, A. C. C. C. Condutividade elétrica, teor de proteína, viscosidade e teor de água de amostras de mel de flores de laranjeira produzido por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. (**compact disc**). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 10, Piracicaba, 2002. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2002.

MATSUDA, A. H.; SABATO, S. F. Effects of Irradiation on Brazilian Honeys' Consistency and Their Acceptability. **Radiation Physics and Chemistry**, v.71, n.1-2, p. 109-112, 2004.

MEDEIROS, D.; SOUZA, M. F. CONTAMINAÇÃO DO MEL: A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE QUALIDADE E DE BOAS PRÁTICAS APÍCOLAS. **Atas de Ciências da Saúde**, São Paulo, v. 3, n. 4, abr. 2016.

MEIRELES, S.; CANÇADO, I. A. C. MEL: PARÂMETROS DE QUALIDADE E SUAS

IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE SynThesis Revista Digital FAPAM, Pará de Minas, v.4, n.4, 207-219, abr. 2013.

MENDES, C. G.; SILVA, J. B. A.; MESQUITA, L. X.; MARACAJÁ, P. B. **AS ANÁLISES DE MEL: REVISÃO** Revista Caatinga (Mossoró, Brasil), v.22, n.2, p.07-14, abril/junho de 2009

MORETTO, G.; GUERRA JR, J. C. V.; BITTENCOURT, C. V. Uncapping 42 Activity of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) towards Worker Brood Cells Infested with the Mite *Varoa destructor* Anderson e Treuman (Mesostigmata: Varroidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, n.3, p.299-301, 2006.

NASCIMENTO, D. M. D. Parâmetros de avaliação da qualidade do mel e percepção do risco pelo consumidor. 2013. 87 f. Dissertação (Tese de Mestrado) -FCUP/ FC-NAUP, 2013.

OLAITAN, P. B.; ADELEKE, O. E.; OLA, I. O. Honey: a reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. **African Health Sciences**, v.7, n.3, p. 159-165, 2007.

OLIVEIRA, M. L. D.; CUNHA, J. A. Abelhas africanizadas *Apis mellifera scutellata* Lepeletier, 1836 (Hymenoptera: Apidae: Apinae) exploram recursos na floresta amazônica? **Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia**. Coordenação de Pesquisas em Entomologia. Manaus, v. 35. n. 3, p. 389 – 394, 2005.

OPUCHKEVICH, M. H., MACOHON, E. R., KLOSOWSKI, A. L. M. Verificação da qualidade do mel no município de Prudentópolis através das análises físico-químicas. *Salão de extensão e cultura: estabelecendo diálogos, construindo perspectivas*, 10 p, 2010.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C. 2006. *Análises de materiais biológicos*. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, 2006. 21 f.

PEREIRA, D. M. R.; PENTEADO, F. R.; Determinação da qualidade de méis comercializados na Região de Ponta Grossa - PR. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2008.

PEREIRA, F. de M.; LOPES, M. T. do R.; CAMARGO, R. C. R. de; VILELA, S. L. de O. Produção de mel. Embrapa Meio-Norte, versão virtual. 2003.

PEREIRA, L. L. Análise físico-química de *Apis Mellifera* e *Meliponíneos*/ Dissertação (mestrado) – Escola superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010.

PÉRICO, E.; TIUMAN, T. S.; LAWICH, M. C.; KRUGER, R. L. Avaliação Microbiológica e Físicoquímica de Méis Comercializados no Município de Toledo, Pr. **Rev Ciên. Exatas e Naturais**, Vol.13, 2011.

PINHEIRO, C. G. M. E. Mel de Abelha Jandaíra (*Melipona Subnitida*) do Estado do Rio Grande do Norte, Tese apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)- MOSSORÓ-RN, 2016.

RACOWSKI, I.; SILVAS, F. P. C.; TAKUSHI, D. T. T.; SILVA, D. W. G.; MIRANDA,

P. S. AÇÃO ANTIMICROBIANA DO MEL EM LEITE FERMENTADO. REVISTA ANALYTICA, 30, 115 – 117, 2007.

RENCHER, A. C.; CHRISTENSEN, W. F. **Methods of multivariate analysis**. New Jersey: Wiley, 2012.

SANTOS, E. A. QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO MEL DE *Apis mellifera* L. PRODUZIDO NO MUNICÍPIO DE CAROLINA – MA. INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ - IFPI - CAMPUS URUÇUÍ. CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM AGRONEGÓCIO- 2016

SILVA, A. P. P. **DETERMINAÇÃO DE IDENTIDADE E QUALIDADE EM MÉIS COMERCIALIZADOS NA REGIÃO DE PONTA GROSSA- PR**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, do (DAALM), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016.

SILVA, A. S. Análise de Qualidade e Classificação de Méis de Abelhas do Estado do Pará, 2010. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade Federal do Pará, 2010.

SILVA, C. L.; QUEIRÓZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 8, 2004.

SILVA, E. V. C. **Caracterização e pasteurização de méis de abelhas *Melipona Fasciculata* (Uruçu Cinzenta) e *Apis mellifera* (Africanizadas)** 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.

SILVA, M. C. P. Caracterização Físico-Química, Teor de Antioxidante e Perfil Sensorial de Méis de Abelhas Submetidos à Desumidificação e Umidificação- Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus de Mossoró-RN, 2015.

SILVA, R. A. da; RODRIGUES, L. M. de F. M.; LIMA, A. de; CAMARGO, R. da C. R. Avaliação da qualidade do mel de abelha *Apis mellifera* produzido no município de Picos, Estado do Piauí, Brasil. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 20, n. 144, p. 90- 94, set. 2006.

SOARES, A. E. E. Captura De Enxames Com Caixas Iscas E Sua Importância No Melhoramento De Abelhas Africanizadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. 1º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELIPONICULTURA. 15, 2004, Natal. **Anais Eletrônicos**.

SODRÉ, G. S. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, MICROBIOLÓGICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE MÉIS DE *Apis Mellifera* L, 1758 (HYMENOPTERA: APIDAE) DOS ESTADOS DO CEARÁ E PIAUÍ, PIRACICABA, SP, 2005.

SODRÉ, G. S. et al. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1139-1144, 2007.

SOUZA, B. A., CARVALHO, C. A. L., SODRÉ, G. S., MARCHINI, L. C. Caracterís-

ticas físico-químicas de amostras de mel de *Melípona asilvai* (Hymenoptera: Apidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1623-1624, set.-out., 2004.

SOUZA, L. B. S. Caracterização Físico-Química e Microbiológica do Mel de Abelhas (*Apis Mellifera*) Produzido no Território Rural de Identidade Parque das Emas - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde Diretoria de Pesquisa d Pós-Graduação Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Goiás, 2017.

SYMS, C. **Principal component analysis**. Oxford: Academic Press, 2008.

TOL-FILHO, P. L. V., FERNANDES, J. G. **O Mel de Abelhas**. 1ª ed., São Paulo: Companhia Melhoramentos, editora Chácaras e Quintais LTDA, 2005.

VARGAS, T. **Avaliação da Qualidade do Mel Produzido na Região dos Campos Gerais do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2006. 134 p.

VENTURIERI, G. C.; OLIVEIRA, P. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; MATTIETTO, R. de A. **Caracterização, Colheita, Conservação e Embalagem de Méis de Abelhas Indígenas Sem Ferrão**. EMBRAPA Amazônia Oriental, Belém, Pará. 2007.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características do Mel** - Universidade Federal do Espírito Santo - UFES pró-Reitoria de Extensão - Programa Institucional de Extensão - Boletim Técnico - PIE-UFES: 01107 - Editado: 18.08.2007

VIEIRA, S. INTRODUÇÃO À BIOESTATÍSTICA, 3ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1980.

WELKE, J. et al. Caracterização físico-química de méis de *Apis mellifera* L. da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 6, p. 1737-1741, set. 2008.

WHITE JUNIOR, J. W. Methods for determining carbohydrates, hydroxymethylfurfural, and proline in honey: collaborative study. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.62, p.515-526, 1979.

WIESE, H. **Apicultura**: Novos Tempos. 1ª ed. Guaíba-RS: Editora Agropecuária LTDA, 2000.

SOBRE OS AUTORES

José Marcos Nobre de Moura Júnior

Bacharel em farmácia pela Universidade Federal do Pará – UFPA (2018). Tem experiência em análises químicas de alimentos.

Charles Alberto Brito Negrão

Charles Alberto Brito Negrão é formado em engenharia química pela Universidade Federal do Pará no ano de 2014, possui mestrado em físico-química com ênfase em química quântica no ano de 2017 e atualmente é doutorando em química analítica pela universidade federal do Pará. Possui conhecimentos em catálise, química quântica relativística, síntese e caracterização de materiais porosos e produtos naturais.

Ewerton Carvalho de Souza

Licenciado em Química (UFPA), Químico Industrial (UFPA) e Engenheiro Ambiental (UEPA), Mestre em Química Analítica pela UFPA, Doutor em Química Analítica pela UFPA. Professor Adjunto III do Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos da UFPA. Coordenador do Laboratório de Físico-química do Centro de Tecnologia Agropecuária. Diretor do Núcleo de Educação a Distância (NEAD) da UFPA.

Antonio dos Santos Silva

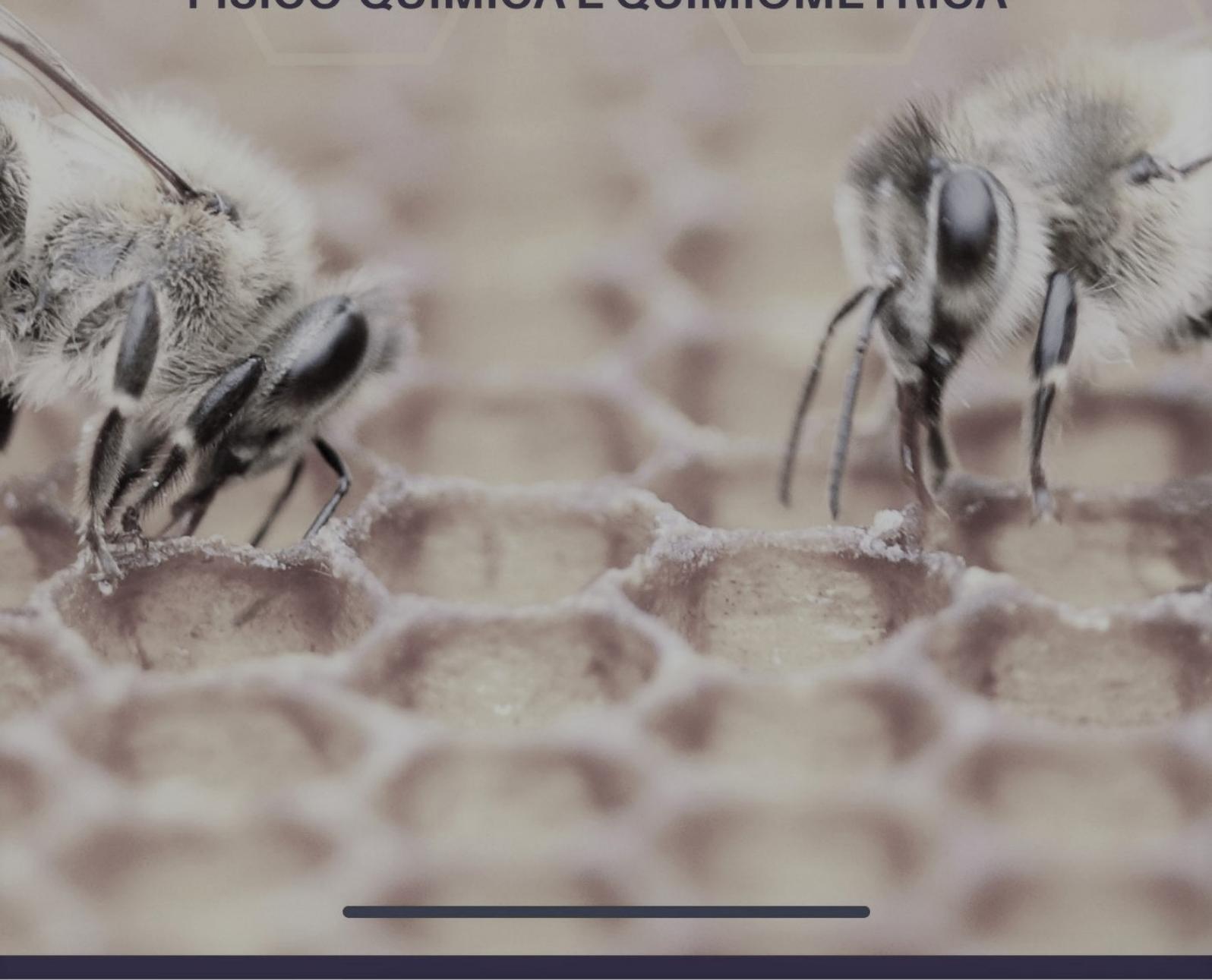
Graduado em: Física bacharelado (1996, UFPA); Física licenciatura (1997, UFPA); Química licenciatura (2002, UFPA); Química Industrial (2010, UFPA) e Estatística bacharelado (2019, UFPA). Mestre em Física da Matéria Condensada (1999, UFPA), com dissertação sobre física de óleos vegetais da Amazônia, e em Química Analítica (2010, UFPA), com dissertação sobre méis de abelhas nativas da Amazônia. Doutor em Química Analítica (2020, UFPA), com tese sobre plantas medicinais e seus chás. Professor Adjunto da Faculdade de Farmácia da UFPA. Coordenador do Laboratório de Física Aplicada à Farmácia (LAFPA). Trabalha com análises de alimentos, óleos vegetais e plantas medicinais.

ÍNDICE REMISSIVO

- A
- Abelha 6, 10, 14, 15, 17, 20, 39, 40, 48, 50, 54
- Acidez 19, 30, 40
- Açúcares 10, 14, 15, 16, 21, 22, 30, 31, 35, 38, 41, 42, 43, 48, 52
- Agricultura 10, 31, 40, 49, 50, 52, 53
- Água 10, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 29, 30, 31, 36, 38, 52
- Alimentos 10, 18, 21, 22, 23, 36, 49, 56
- Amostra 28, 29, 30, 36, 48
- Amostras 6, 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 49, 52, 54, 55
- Análise 23, 24, 25, 54
- Apicultura 4, 6, 17, 49, 51, 55
- Apis 3, 4, 6, 7, 11, 14, 17, 37, 40, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55
- C
- Caracterização 7, 10, 48, 49, 50, 56
- Cera 14, 15, 21, 23, 40, 48
- Cinzas 18, 28, 39
- Coloração 16, 22, 30, 31
- Componente 42, 43
- Composição 10, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 36, 37, 52
- Condutividade 19, 29, 37, 52
- D
- Densidade 23, 29, 38
- E
- Escuro 16, 22, 39
- Estudo 7, 24, 25, 28, 38, 39, 41, 50
- F
- Físico-Química 7, 16, 48, 49, 51, 53, 54, 55, 56
- Floral 16, 18, 22, 23, 37, 38
- I
- Insolúveis 10, 21, 31, 32, 35, 40, 48
- L
- Legislação 16, 19
- Localidade 36, 37, 38, 39, 40, 43, 44, 45, 48
- M
- Massa 23, 28, 29, 30, 31
- Média 23, 36, 37, 38, 39, 40, 41
- Mel 3, 6, 7, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 28, 29, 30, 31, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55
- Mellifera 3, 6, 7, 11, 14, 17, 37, 40, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55
- Minerais 15, 16, 18, 19, 22, 37, 40
- N
- Nordeste 7, 11, 28, 48
- O
- Orgânicos 15, 19, 20, 30, 37
- Origem 7, 10, 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 32, 36, 37, 38, 48, 52
- P
- Paraense 4
- Parâmetro 19, 20, 21, 38, 40, 41
- Processo 15, 16, 18, 19, 20, 23, 26, 36, 39
- Produção 14, 15, 17, 40, 50, 51, 52
- Produto 7, 10, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 29, 36, 39, 48
- Q
- Qualidade 7, 10, 11, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 39, 48, 49, 53, 54
- Quimiométrica 4
- R
- Resultado 24
- S
- Similaridade 25, 26, 44
- Sólidos 21, 31, 38, 40
- Solução 15, 16, 17, 19, 20, 22, 29, 30, 31, 32
- T
- Tecnologia 49, 50, 52, 53, 55, 56
- Teor 16, 18, 19, 20, 21, 23, 28, 32, 39, 40, 41, 52
- U
- Umidade 18, 28, 35
- V
- Valores 19, 20, 25, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 48
- Variação 16, 25, 37, 38, 39, 40
- Viscosidade 20, 29, 41

MEL DE ABELHA *Apis mellifera* DO
NORDESTE PARAENSE

UM ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E QUIMIOMÉTRICA



MEL DE ABELHA *Apis mellifera* DO NORDESTE PARAENSE

UM ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E QUIMIOMÉTRICA



Rfb
Editora