



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
PRODUÇÃO ANIMAL

**COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-  
QUÍMICAS E ANTIOXIDANTES DE MÉIS DE  
DIFERENTES ESPÉCIES DE ABELHAS**

FILIPE GOMES DE ARAÚJO

MOSSORÓ – RN  
FEVEREIRO de 2014

FILIPE GOMES DE ARAÚJO

**COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-  
QUÍMICAS E ANTIOXIDANTES DE MÉIS DE  
DIFERENTES ESPÉCIES DE ABELHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi Árido, Campus de Mossoró, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

Orientadora: Profa. D. Sc. Edna M. M. Aroucha  
Co-orientador: Prof. D. Sc. Ricardo Henrique de Lima Leite

MOSSORÓ – RN  
Fevereiro de 2014

**O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade de seus autores**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)  
Setor de Informação e Referência**

A663c Araújo, Filipe Gomes de.  
Comparação das características físico-químicas e antioxidantes de méis de diferentes espécies de abelhas. / Filipe Gomes de Araújo. -- Mossoró, 2014  
65f.: il.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. D. Sc. Edna M. M. Aroucha.  
Co-orientador: Prof. D. Sc. Ricardo Henrique de Lima Leite.  
Dissertação (Mestrado em Produção Animal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pós-Graduação.

*1. Apis mellífera* L 2. HMF. 3. Flavonóides. 4. Meliponíneos.  
I. Título.

RN/UFERSA/BCOT CDD: 595.799

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva  
CRB-15/120

FILIPE GOMES DE ARAÚJO

**COMPARAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-  
QUÍMICAS E ANTIOXIDANTES DE MÉIS DE  
DIFERENTES ESPÉCIES DE ABELHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi Árido, Campus de Mossoró, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

**APROVADO EM: 25 de fevereiro de 2014**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

**Profa. Dr. Sc. Edna Maria Mendes Aroucha (UFERSA)**  
**Orientadora**

---

**Prof. Dr. Sc. Ricardo Henrique de Lima Leite (UFERSA)**  
**Co-orientador**

---

**Prof. Dr. Sc. Marciano Henrique de Lucena Neto (UFCG)**  
**Membro Externo**

---

**Prof. Dr. Sc. Francisco Klebson Gomes dos Santos (UFERSA)**  
**Conselheiro**

## **DEDICO**

À minha esposa, Bruna Jaiane Martins de Medeiros e ao meu filho, Luiz Filipe Medeiros Gomes de Araújo.

Aos meus pais, José Dinovan de Araújo e Maria Lúcia Gomes de Araújo.

Às minhas irmãs, Clarissa Gomes de Araújo e Clara Gomes de Araújo.

Aos meus avôs, tios, tias, e a todos que torceram por mim nessa caminhada.

## **OFEREÇO**

Aos meus pais, por terem dado todo o amor, carinho, orientação, e oportunidade de ser a pessoa que hoje sou.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por sempre iluminar meu caminho nessa jornada.

A minha orientadora Edna Maria Mendes Aroucha pela orientação, ajuda e confiança p: a realização desse trabalho.

Ao meu Co-orientador Ricardo Henrique de Lima Leite pela ajuda na realização desse trabalho.

Aos professores Marciano Henrique de Lucena Neto e Francisco Klebson Gomes dos Santos pelas valiosas contribuições para melhoria desse trabalho.

Aos meus pais, Dinovan e Lúcia, por me amarem e pelo apoio dado para eu chegar até aqui.

A minha esposa, Bruna, pela compreensão, apoio e por está ao meu lado durante esta caminhada.

A meu filho, Luiz Filipe, fonte inspiradora para tudo que faço de bom nesta vida.

A todos os meus familiares, que me ajudaram direto ou indiretamente.

A todos os colegas que me ajudaram ao longo desses dois anos.

A Universidade Federal Rural do Semi Árido por mais uma oportunidade de aprendizagem.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Animal pela oportunidade de qualificação profissional.

A CAPES pelo financiamento desse estudo.

Ao pessoal do Laboratório de Tecnologia de Alimentos da UFERSA pela ajuda direta na execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	7
ABREVIATURAS E SÍMBOLOS.....	8
LISTA DE TABELAS .....	10
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DO MEL .....	15
2.2. DEFINIÇÃO E COMPOSIÇÃO DO MEL .....	16
2.3. COMPOSTOS FENÓLICOS E ANTIOXIDANTES.....	23
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1. UMIDADE.....	26
3.2. PH .....	27
3.3. ACIDEZ LIVRE .....	27
3.4. HIDROXIMETILFURFURAL (HMF) .....	27
3.5. AÇÚCARES REDUTORES E SACAROSE APARENTE .....	28
3.6. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....	29
3.7. CINZAS .....	29
3.8. SÓLIDOS INSOLÚVEIS EM ÁGUA .....	30
3.9. ATIVIDADE DIASTÁSICA.....	30
3. 10. COR .....	31
3.11. ATIVIDADE DE ÁGUA.....	32
3.12. FLAVONÓIDES TOTAIS .....	32
3.13. FENÓLICOS TOTAIS .....	32
3.14. DETERMINAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE .....	32
3.15. TEOR DE ANTIOXIDANTE.....	33
3.16. ANÁLISE DOS DADOS.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
4.1. UMIDADE.....	36
4.2. PH .....	37

4.3. ACIDEZ LIVRE .....	38
4.4. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA .....	39
4.5. HIDROXIMETILFURFURAL .....	40
4.6. ATIVIDADE DIASTÁSICA .....	41
4.7. AÇÚCARES REDUTORES .....	42
4.8. SACAROSE APARENTE .....	43
4.9. SÓLIDOS INSOLÚVEIS .....	44
4.10. CINZAS .....	45
4.11. COR .....	46
4.12. ATIVIDADE DE ÁGUA .....	46
4.13. FLAVONÓIDES TOTAIS .....	47
4.14. FENÓLICOS TOTAIS .....	49
4.15. ATIVIDADE ANTIOXIDANTE (IC <sub>50</sub> ) .....	51
4.16. TEOR DE ANTIOXIDANTE .....	52
5. CONCLUSÃO .....	53
6. REFERÊNCIAS .....	54

## ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Percentagem.

AG – Ácido gálico.

$A_w$  - Atividade de Água .

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

DPPH - 2,2-difenil-1-picrilidrazil.

FAOESTAT – Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas.

HMF- Hidroximetilfurfural

HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência.

IN – Instrução Normativa.

MAPA - Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento.

meq – Miliequivalente.

n. – Número.

°C - Graus Celsius.

pH - Potencial Hidrogeniônico.

PPGPA – Programa de Pós-graduação em Produção Animal.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

QE – Quercetina.

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande.

UFERSA - Universidade Federal Rural Do Semi-Árido.

## **LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Escala de cores de Pfund para classificação de méis.....	31
<b>Tabela 2:</b> Características Físico-Químicas de méis de Meliponíneos e <i>Apis melífera</i> L....	36
<b>Tabela 3:</b> Propriedades antioxidantes de méis de Meliponíneos e <i>Apis mellifera</i> L.....	48

## RESUMO

ARAÚJO, Filipe Gomes de. **Comparação das características físico-químicas e antioxidantes de méis de diferentes espécies de abelhas**. 2014. 61f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal: Sistemas de produção sustentáveis) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2014.

**RESUMO:** O mel é um produto amplamente usado e consumido pelo homem, tendo a sua produção no setor agropecuário a importante função de realizar inclusão social e desenvolvimento sustentável, além de ter sua importância nutricional e medicinal que vem sendo utilizadas pelo homem ao longo da história. Este trabalho teve por objetivo avaliar as características físico-químicas, flavonóides totais, fenólicos totais e atividade antioxidante de méis de *Apis mellifera* L. e Meliponíneos produzidos no semi-árido nordestino. Para isto, foram coletadas amostras, no período de maio a setembro de 2013, dos méis de *Melipona subnitida*, *Frieseomellita varia*, *Melipona mandacaia*, *Plebeia* sp. e *Apis mellifera* L. produzidos no Rio Grande do Norte. As amostras foram acondicionadas em recipientes fechados e transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado em Mossoró-RN no Campus Central, onde foram armazenadas em refrigeração a 6°C até a realização das análises físico-químicas, flavonóides totais, fenólicos totais e antioxidantes. Os méis de *Apis mellifera* L. e meliponíneos apresentaram diferenças físico-químicas em alguns parâmetros analisados, destacando-se principalmente a umidade, acidez livre, HMF, atividade diastásica e atividade de água. Não houve diferenças no pH, sólidos insolúveis e cor ao se comparar méis de *Apis mellifera* L. com méis de meliponíneos. Os méis de *Plebeia* sp., *Frieseomelita varia* e *Apis mellifera* L. apresentaram maior atividade antioxidante, seguidos dos méis de *Melipona mandacaia* e *Melipona subnitida*. Os flavonóides pouco influenciaram na diferenciação das atividades antioxidantes dos méis de meliponíneos, fato inverso ocorreu com o teor de fenólicos onde os méis que apresentaram os maiores teores de fenólicos também apresentaram maior atividade antioxidante.

**Palavras-chave:** *Apis mellifera* L.; HMF; flavonóides; meliponíneos.

## ABSTRACT

ARAÚJO, Filipe Gomes de Araújo. 2014. **Comparison of the physico-chemical characteristics and antioxidant honeys of different species of bees.** 2014. 61f. Dissertation (MSc. in Animal Production: sustainable production systems) - Universidade Federal Rural do Semi Arido (UFERSA), Mossoró-RN, 2014.

**ABSTRACT:** Honey is a product widely used and consumed by humans, and its production in the agricultural sector perform the important function of social inclusion and sustainable development, in addition to its nutritional and medicinal importance that has been used by humans throughout history. This work aimed to evaluate the physico-chemical characteristics, total flavonoids, total phenolics and antioxidant activity of honey from stingless bees *Apis mellifera* L. and produced in semi-arid Northeast. For this, samples were collected in the period May to September 2013, *Melipona subnitida* honeys, *Frieseomellita varies*, *Melipona mandacaia*, *Plebeia sp.*, *Apis mellifera* L. and produced in Rio Grande do Norte. The samples were placed in sealed containers and transported to the Laboratory of Food Technology, Federal Rural University of the Semi-Arid (UFERSA), located in Mossoró-RN at Central Campus, where they were stored in refrigeration at 6 ° C until the time of physio-chemical, total flavonoids, total phenolics and antioxidants. Honey of *Apis mellifera* L. and stingless bees showed physicochemical differences in some parameters, highlighting mainly moisture, free acidity, HMF, diastase activity and water activity. There were no differences in pH, insoluble solids and color to compare honeys from *Apis mellifera* L., honeys meliponóneos. Honeys of *Plebeia sp.*, *Frieseomelita varia*, *Apis mellifera* L. varies and showed higher antioxidant activity followed honeys *Melipona mandacaia* and *subnitida Melipona*. Flavonoids little influence on the differentiation of antioxidant activities of honeys from stingless bees, indeed opposite occurred with the phenolic content where the honeys that showed the highest levels of phenolics also showed higher antioxidant activity.

**Keywords:** *Apis mellifera* L.; HMF; flavonoids; meliponines.

## 1. INTRODUÇÃO

O mel é uma substância viscosa, aromática e açucarada obtida através do néctar das flores e/ou de substâncias sacarínicas, coletados pelas abelhas melíficas que é transportado para a colméia onde sofre mudanças na sua concentração e composição química, sendo armazenado em alvéolos (BRASIL, 2000; ROSSI et al., 1999; ALVES et al., 2009).

A produção mundial e o consumo de mel são crescentes nos últimos anos, sendo atribuído este crescimento ao aumento geral dos padrões de vida da população e também devido ao maior interesse pelo consumo de produtos naturais e saudáveis (CPAMN, 2013). Em 2012, a produção de mel no nordeste brasileiro foi de 7,7 toneladas; os principais estados produtores foram a Bahia (produção de 1.59 toneladas kg) e Piauí (produção de 1.56 toneladas). O Rio Grande do Norte foi responsável por 5,3% da produção do nordeste (IBGE, 2013).

A composição química do mel está diretamente ligada à origem floral do néctar, região geográfica e a espécie de abelha que o produziu, sendo a abelha *Apis mellifera* L. responsável por quase todo o mel produzido no mundo (SILVA et al., 2004; BONTEMPO, 2008). É uma pequena quantidade de mel, mas não menos importante, produzido pelas abelhas sem ferrão conhecidas como Meliponíneos.

O mel de *Apis mellifera* L. possui legislação normatizadora, tanto no âmbito nacional (BRASIL, 2000) como internacional (CODEX ALIMENTARIUS, 2001), para os padrões de qualidade, diferente dos méis de Meliponíneos que apresentam uma composição físico-química e sensorial (sabor e aroma) distinta do mel de *Apis mellifera* L.; e não existe legislação vigente que ateste a sua qualidade.

Isso constitui um entrave para a comercialização dos méis de Meliponíneos, pois é um mel produzido em pequena escala e comercializado por preços bem mais elevados, devido à crença regional que o mesmo tenha propriedade medicinal superior ao mel de *Apis mellifera* L.

Nos últimos anos é evidente o interesse pelo consumo de alimentos ditos funcionais, com algum benefício para o organismo. O mel de abelha é considerado um alimento funcional, por possuir diversas substâncias que atuam no combate ou retardamento de doenças como hipertensão arterial, níveis elevados de colesterol e câncer (KUÇUK et al., 2007; LIANDA, 2009; PEREIRA, 2010; SILVA et al., 2008; MEDA, et al., 2005).

A presença de um grupo de componentes (substâncias fenólicas) caracterizam o mel como um alimento funcional (MEDA et al., 2005; LIANDA, 2009; PEREIRA, 2010; AROUCHA, 2012), pois confere ao mel ação antioxidante, que neutralizam radicais livres produzidos a partir da atividade metabólica do organismo humano.

Existem na literatura trabalhos que quantificam as substâncias fenólicas e o poder antioxidante de frutas e hortaliças (BROINIZI et al., 2007; MELO et al., 2008), entretanto para os méis, produtos com características variáveis conforme a área geográfica de produção, florada, espécies e outros, ainda são incipientes os números de trabalhos na literatura, principalmente, dos Meliponíneos, oriundos da flora nativa da Caatinga.

Tendo em vista que a determinação físico-química e o estudo dos compostos fenólicos e antioxidantes serem imprescindível para estabelecer a caracterização dos méis, este trabalho teve por objetivo avaliar as características físico-químicas, flavonóides totais, fenólicos totais e atividade antioxidante de méis de *Apis mellifera* L. e Meliponíneos produzidos no semi-árido nordestino.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Importância econômica do mel

Desde a pré-história o homem utiliza o mel como alimento, extraído dos enxames por vários séculos de forma extrativista e predatória. Os egípcios foram os pioneiros na arte de criar abelhas (Apicultura) sendo o mel muito usado na medicina egípcia. É citado na Bíblia, em textos gregos e romanos, e também usado como oferenda a Deus pelos israelitas de forma que o mel sempre foi apreciado e esteve presente na dieta do homem ao longo da história, tornado a apicultura uma atividade difundida em todo o mundo nos dias atuais, importante na geração de renda para várias famílias (CRANE, 1982; BORSATO, 2008).

A produção mundial de mel é crescente nos últimos anos, entretanto há flutuações na produção, atribuídas a variação no número de colméias e na produção por colônia. A China é o maior produtor de mel do mundo, seguida de Turquia e Argentina. O Brasil é o 11º produtor mundial de mel e o quinto maior exportador, com uma produção de 33,5 mil toneladas em 2012 (FAOSTART, 2013).

O mel do Brasil é muito valorizado tanto no mercado interno como no mercado externo. Segundo Sommer (1998), o Brasil é um dos poucos países do mundo que tem abelhas que não precisam receber tratamento sanitário, com a maior parte destas abelhas instaladas em florestas nativas, tendo por isso condições para oferecer aos mercados interno e externo produtos apícolas considerados orgânicos.

No Brasil, a apicultura tem evoluído, principalmente, como uma atividade da agricultura familiar, ou seja, de pequena produção, e sua cadeia produtiva ajuda a gerar postos de empregos e fontes de renda, fatores determinantes na melhoria da qualidade de vida dos produtores (PINHEIRO, 2003). Da mesma forma, na região Nordeste, a apicultura representa uma alternativa para elevar o nível socioeconômico, aproveitando o potencial de diversas áreas onde é possível a exploração apícola (SILVA, 2003).

A criação de abelhas é dividida em duas práticas distintas, a Apicultura e a Meliponicultura. A primeira caracteriza-se pelo manejo da espécie *Apis mellifera* L., detentora de tecnologia mais desenvolvida, padrões de produção bem definidos e características de seus subprodutos mais conhecidas. Enquanto a meliponicultura, arte de manejar as abelhas indígenas sem ferrão ou meliponíneos, ainda possui uma tecnologia de

produção pouco desenvolvida e um manejo precário quando comparados a produção e ao manejo da Apicultura (NOGUEIRA-NETO, 1997; CRANE, 1992).

Estima-se que no Brasil exista cerca de 192 espécies de abelhas sem ferrão, algumas destas muito populares e criadas sobretudo na região Nordeste (Silveira et al., 2002). Dentre estas, a jataí (*Tetragonisca angustula*), mandaçaia (*Melipona quadrifasciata*), uruçú amarela (*Melipona rufiventris e monduri*), tiúba (*Melipona compressipes*), jandaíra (*Melipona subnitida*), e borá (*Tetragona clavipes*) são as mais populares e têm despertado maior interesse pelos criadores no Brasil (KERR et al. 1996).

## **2.2. Definição e Composição do mel**

O mel é um produto alimentício elaborado a partir do néctar das flores (mel floral) ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas (mel de melato), que ficam sobre partes vivas das mesmas, no qual as abelhas coletam, transformam, combinam e deixam maturar nos favos das colméias (BRASIL, 2000).

É definido ainda como um produto de sabor adocicado, constituído por uma mistura complexa de glicídios e, em menores proporções, proteínas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgânicos, lipídios, vitaminas, substâncias voláteis, ácidos fenólicos, flavonóides, carotenóides e minerais (BALL, 2007).

A composição química do mel é objeto de estudo por vários pesquisadores (AZEREDO et al., 2003; KUÇUK et al., 2007), uma vez que a sua composição é dependente do tipo de florada, clima, condições ambientes, estágio de maturação, processamento, armazenamento e espécies de abelha produtora de mel (CAMPOS, 2003; SILVA et al., 2004). De acordo com Campos (1987) e Serrano et al. (1994) fatores como espécies e raças de abelhas, natureza do solo, estado fisiológico da colônia, estágio de maturação do mel e condições meteorológicas podem influenciar na composição do mel.

A Instrução Normativa nº 11 de 11 de Outubro de 2000 regulamenta os padrões de identidade e qualidade do mel, preconizando suas características sensoriais e físico-químicas, através da fixação de valores de referência, definindo o mel como sendo um produto natural elaborado por abelhas a partir do néctar de flores e/ou exsudatos sacarínicos de plantas. Classifica o mel como monofloral ou unifloral e mel multifloral ou polifloral (BRASIL, 2000).

O néctar é a matéria-prima para a produção de méis florais, que podem ser monoflorais, quando o néctar é coletado de uma única espécie vegetal; poliflorais, se mais de uma espécie de planta contribui com o néctar; silvestre, se produzido a partir de diversas espécies nativas. Os méis florais são caracterizados por análise microscópica que identifica e quantifica os grãos de pólen (ANDRADE; SILVA, 2003; COUTO; COUTO, 1996; MOREIRA; DE MARIA, 2001).

As características físico-químicas estabelecidas pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) para a padronização da qualidade do mel de abelha *Apis mellifera* L. são as seguintes: umidade, hidroximetilfurfural, açúcares redutores, sacarose aparente, cinzas, sólidos insolúveis em água, acidez livre e atividade diastásica.

É importante mencionar que não existem parâmetros físico-químicos oficiais para os méis oriundos de Meliponíneos que assegure aos produtores uma comercialização legal e aos consumidores a compra de um produto idôneo (SOUZA; BAZLEN, 1998).

A água constitui o segundo componente em quantidade presente no mel (15 a 20%), sendo uma das características mais importantes, por influenciar na viscosidade, peso específico, maturidade, sabor, cristalização e conservação (SILVA et al., 2010). De acordo com a CPAMN (2013) a colheita do mel realizada em dias chuvosos ou com alta umidade relativa do ar, faz aumentar os índices de umidade no mel. A característica higroscópica do mel faz este produto absorver água, o que de certa forma compromete a sua qualidade, principalmente se for oriundo de favos não operculados ou armazenado de forma inadequada (MARCHINI, MORETI; OTSUK, 2005).

Os microrganismos tolerantes ao açúcar, presentes nos corpos das abelhas, no néctar, no solo, nas áreas de extração e armazenamento podem provocar fermentação no mel quando o teor de umidade for superior a 20% (MARCHINI et al., 2004; DENARDI et al., 2005).

Martins et al. (2013) avaliando amostras de méis de *Apis mellifera* L. comercializados no município de Russas no Ceará detectaram umidade variando de 15,1 a 20,9%. Resultados semelhantes de umidade foram relatados por Soares et al. (2010) em méis comercializados no município de Apodi-RN (16,5 a 21,5%).

De acordo com Villas-Bôas e Malaspina (2005) o elevado teor de umidade nos méis de meliponíneos é a principal diferença desses méis para os méis de *Apis mellifera* L. Carvalho et al. (2003) analisando méis de espécies do gênero *Melipona* do estado da Bahia

encontraram umidade em torno de 27 a 30% para *M. asilvai*, 25 a 32% para *M. mandacaiæ* 27 a 34% para *M. quadrifasciata anthidioides*.

Da mesma forma, Mesquita et al. (2007) detectou em méis de *Melipona subnitida*, no estado do Rio Grande do Norte, 26% de umidade média. E, apesar de não haver um parâmetro oficial para méis de meliponíneos, Villas-Bôas e Malaspina (2005) recomendam para esses méis umidade máxima de 35%.

Apesar do pH do mel não ser característica exigida pela legislação brasileira e internacional, é importante na avaliação da qualidade do mel já que valores alterados de pH podem indicar fermentação ou adulteração (BRASIL, 2000).

De forma geral, os méis são ácidos, com pH variando entre 3,5 e 5,5, é influenciado pela espécie, néctar floral, composição do solo, substâncias mandibulares das abelhas acrescentadas ao néctar quando transportados até a colméia, concentração de diferentes ácidos, porcentagem de cálcio, sódio, potássio e outros constituintes das cinzas presentes no mel (EVANGELISTA-RODRIGUES et al., 2006; MARCHINI et al., 2004).

De acordo com Silva, Queiroz e Figueiredo (2004) a composição do mel pode variar dependendo da flora, localização, época de colheita, gestão e especialmente as espécies de abelhas que produziram o mel. A acidez, também, está associada ao estado de maturação e condições de conservação do mel, quando elevado o teor de acidez pode indicar um estado de fermentação, especialmente se a umidade do mel for superior a 20% (VARGAS, 2006; VIT et al., 2004).

A acidez é uma característica importante no mel, pois contribui para inibir a atividade e crescimento de microrganismo argumentam Venturini et al. (2007) e juntamente com os açúcares confere sabor e aroma ao mel, sendo predominante no mel o ácido glucônico que é formado a partir da enzima glucose-oxidase produzida nas glândulas hipofaríngeas das abelhas (WHITE et al., 1963; RUIZ-ARGUESO e RODRIGUES-NAVARRO, 1973; BOGDANOV, 1997).

O regulamento de qualidade e identidade de mel estabelecida pela legislação brasileira, se refere à acidez livre em mel de *Apis mellifera* L., sendo o Brasil menos exigente no teor de acidez (máx. 50 meq/kg) que a European Honey Commission (BOGDANOV et al., 1997) e o Mercosul (1999) que exigem um máximo de 40 meq/Kg. Enquanto, o Codex Alimentarius Commission (2001) não estabelece limites para o teor de acidez no mel.

Bendini e Souza (2008) trabalhando com méis de *Apis mellifera* L. oriundos da florada de *Anacardium occidentale* encontraram acidez média de 30,21 meq/kg, já Marchini et al. (2005) e Azeredo et al. (2003) detectaram valores médios de acidez de 33,8 e 34,30 meq/kg, respectivamente, estando todos dentro do estabelecido pela legislação brasileira que estabelece um máximo de 50 meq/kg (BRASIL, 2000).

Almeida (2002), trabalhando com méis de meliponíneos, encontraram uma acidez variando de 16,5 a 52,0 meq/kg; já Azeredo et al. (2000) obtiveram uma acidez média de 27,15 meq/kg também em méis de meliponíneos.

Por conseguinte, os açúcares, maiores componentes presentes no mel, fazem deste produto uma solução concentrada de dois açúcares redutores: frutose e glicose, estando presentes em cerca de 85 a 95% da sua composição (MARCHINI et al., 2004); em menor concentração estão presentes a sacarose (1 a 15%). Moreira (2001) relatou que as 504 amostras de méis florais, coletados em 47 estados norte-americanos, apresentaram 31,28 e 38,19% de glicose e frutose, respectivamente. Da mesma forma Aroucha (2012) verificou maior proporção de frutose em relação a glicose nos méis do Rio Grande do Norte.

De acordo com Silva et al. (2004) quando existe uma predominância de glicose no mel, torna-se favorável a cristalização, devido à baixa solubilidade da glicose. A glicose é um açúcar relativamente insolúvel, sendo responsável pela granulação do mel. Sua precipitação aumenta o teor de umidade da fase aquosa permitindo que células de leveduras osmofílicas presentes se multipliquem e provoquem fermentação.

A frutose, geralmente, em maior quantidade no mel, tem maior higroscopicidade, e por ter um maior poder adoçante em relação à glicose (BOBBIO; BOBBIO, 2001) possibilita maior doçura ao mel (SOUZA, 2003; WHITE JR., 1979; SODRÉ et al., 2007). De acordo com Dantas (2003), os méis que apresentam altas taxas de frutose podem permanecer líquidos por períodos longos.

A Instrução Normativa n. 11, de outubro de 2000, estabelece teor mínimo de açúcares redutores de 60% para mel de melato e de 65% para mel floral. E para sacarose aparente máximo de 6% (mel floral) e 15% (mel de melato). Já Villas-Bôas e Malaspina (2005) sugerem um teor mínimo de 50% para açúcares redutores e máximo de 6% para sacarose.

Souza et al. (2009), verificaram, em méis de meliponíneos da região Nordeste, valores médios de açúcares redutores de 50,6 a 93,1% e sacarose entre 0,2 e 9,0% respectivamente. Já Aroucha et al. (2008) encontraram para méis de *Apis mellifera* L.

açúcares redutores variando de 66,97% a 75,0% para sacarose Bertoldi et al. (2007), analisando 17 amostras de méis de *Apis mellifera* L. verificaram valores variando de 0,5 a 2,7%.

Outro componente importante para avaliação da qualidade do mel é o teor de hidroximetilfurfural (HMF), formado a partir de hexoses pela perda de três moléculas de água, catalisado em uma reação em meio ácido, está ligado com as propriedades químicas do mel, tal como o pH, acidez total e teor de mineral (SILVA et al., 2004).

Pequenas quantidades de HMF são encontradas em méis recém-colhidos, sendo que o valor mais elevado deste composto pode indicar alterações importantes provocadas por armazenamento prolongado e temperatura ambiente alta ou superaquecimento (VILHENA; ALMEIDA-MURADIAN, 1999; WHETI JR., 1978; SODRÉ et al., 2007).

O Codex Alimentarius (Alinorm 25/01/2000) estabelece que o teor de HMF de mel após o processamento e/ou mistura não deve ser superior a 80 mg/kg. Enquanto a União Europeia (Directiva da UE ° 110/2001) fixa um limite de HMF no mel de 40 mg/kg, com as seguintes exceções: 80 mg/kg de mel provenientes de países ou regiões com temperaturas tropicais.

Por outro lado, a legislação brasileira (BRASIL, 2000), estabelece valor máximo para HMF de 60 mg/kg. Contudo, alguns mercados, principalmente os da União Europeia exigem valores em torno de 10 mg/kg, o que dificulta as exportações do Brasil, em particular dos méis produzidos e processados na região Nordeste, que naturalmente são produzidos em temperaturas médias elevadas.

Da mesma forma, os méis de Meliponíneos podem apresentar altos índices de HMF relacionados a técnicas inadequadas de armazenamento e/ou condições climáticas adversas (MARCHINI et al., 2005).

Martins et al. (2012) encontraram um valor médio de 68,08 mg/100g para o HMF em méis de *Apis mellifera* L. comercializados em Russas no Ceará e Filho et al. (2011), analisando méis comercializados em Pombal na Paraíba, obtiveram HMF médio de 20,6 mg/kg. Já Camargo et al. (2006) encontraram, para méis de *Melipona subnitida*, teor de HMF variando de 0,17 a 28,06 mg/kg.

Segundo Nafea et al. (2011), os estudos com méis em diferentes concentrações de HMF (15,20 e 25%) mostraram evidências desse composto no controle de um amplo espectro de bactérias, com graus variáveis.

O mel apresenta uma enzima denominada diastase, com função de quebrar a molécula de amido, muito sensível ao calor, podendo assim ser utilizada para indicar condições de armazenamento inadequado e prolongado como também superaquecimento do mel (WHITE JUNIOR, 1992; WHITE JÚNIOR, 1994).

A inconstância dos resultados obtidos para a atividade diastásica, verificada para mel de *Apis mellifera* L., levou White Júnior (1994) a questionar o uso desta enzima como um indicador de qualidade do mel, devido à grande variação na quantidade desta enzima em méis recém-colhidos e não aquecidos, sugerindo a exclusão desta análise por ser um teste redundante, enganoso e variável.

Não obstante, as informações existentes sobre a atividade da diástase, é considerada como de baixa atividade em méis de meliponíneos, informação confirmada por Souza et al. (2009) que não conseguiram detectar atividade desta enzima nos méis de meliponíneos analisados. Por outro lado, Vit e Pulcini (1996) detectaram atividade diastásica de 2,6 na escala Gothe como o menor valor em amostras de mel das espécies *M. compressipes compressipes*, *M. favosa favosa*, *M. lateraliskan garumensis*, *M. paraensise Scaptotrigona*.

Os teores de sólidos insolúveis são classificados como um parâmetro que indica a pureza do mel e sua maior quantidade pode estar relacionado ao seu processamento inadequado. Este não pode ultrapassar a quantidade de 0,1 g/100 g, exceto no mel prensado, que pode tolerar 0,5 g/100 g (BRASIL, 2000). Para méis de meliponíneos Villas-Bôas e Malaspina (2005) recomendam um teor de sólidos insolúveis máximo de 0,4%, superior ao adotado para *Apis mellifera* L. que é de 0,1%.

Melo (2002), ao analisar méis de florada silvestre e de florada de Baraúna do estado da Paraíba, encontrou valores médios de sólidos insolúveis para os méis de *Apis mellifera* L. armazenados de 0,08% e 0,06%, respectivamente. Santos et al. (2009) trabalhando com méis de *Apis melífera* L. oriundos da região do Vale do Jaguaribe/ Ceará encontraram valores mais elevados de sólidos insolúveis (0,26 a 1,58%).

O mel apresenta um teor baixo de cinzas, com valor máximo de 0,6% de acordo com legislação brasileira, sendo este dependente do material coletado pelas abelhas. As cinzas estão relacionadas com a presença de minerais no mel, de forma que, méis de cor escura geralmente têm um teor de cinzas mais elevado que os méis de cor clara (BRASIL, 2000; FINOLA et al., 2007; RODRÍGUEZ et al., 2004).

A não decantação e/ou a falta de filtração do mel são fatores que também influenciam o teor de cinzas e conseqüentemente sua qualidade, indicando de certa forma caráter higiênico no mel (EVANGELISTA-RODRIGUES, 2005).

A atividade de água é um parâmetro não exigido pela legislação brasileira para atestar a qualidade físico-química do mel, embora seja importante para o controle de qualidade, por indicar a água disponível em um alimento, que pode favorecer eventuais alterações (enzimáticas e microbiológicas). É a umidade o índice regulamentado pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), como indicativo de água no mel.

A atividade de água além de informar a água livre do mel, serve como parâmetro complementar para determinar a vida de prateleira do mel, principalmente para méis de Meliponíneos que frequentemente apresentam atividade de água superior a méis de *Apis mellifera* L. (FRANCO; LANDGRAF, 2008).

Almeida-Muradian et al. (2007) detectaram atividade de água em méis de abelhas do gênero *Melipona* variando de 0,74 a 0,76 enquanto Souza et al. (2009) encontraram em méis variação maior, de 0,662 e 0,851. E Schlabitzet et al. (2010) relataram valores de 0,54 à 0,6 em méis de *Apis mellifera* L.

Da mesma forma, a condutividade elétrica (CE) não é um parâmetro exigido pela legislação brasileira (BRASIL, 2000), entretanto pode determinar a qualidade do mel. Segundo Bogdanov (2008) a condutividade elétrica é importante para a identificação da origem floral dos méis, quando a CE é no máximo 0,8 mS/cm, indica que a origem é floral. E valores superiores a esses, podem indicar origem não floral.

Mendonça et al. (2008) analisando méis de *Apis mellifera* L. produzidos no estado de São Paulo encontraram condutividade elétrica variando de 227,3 a 1851,3  $\mu$ S/cm. Já para méis de meliponíneos Souza et al. (2009) encontraram valores de condutividade elétrica variando de 255,0 a 905,7  $\mu$ S/cm.

A cor do mel é um importante parâmetro sensorial e pode variar conforme a florada, processamento, armazenamento, fatores climáticos durante o fluxo do néctar e temperatura que o mel amadurece na colméia (WHITE JUNIOR, 1992). De acordo com BRASIL (2000) a cor do mel varia de quase incolor a parda escura. Marchini et al. (2004) classifica o mel segundo a escala de Pfund, variando conforme a medida de absorbância de Branco d'água até Âmbar escuro.

A cor é um fator determinante no preço do mel no mercado internacional, com os méis claros alcançando preços mais altos (CRANE, 1983). Os minerais estão entre os

componentes que afetam a cor do mel, sendo de cor clara, geralmente os méis que, contém menos cinzas do que os mais escuros que tendem a apresentar uma quantidade de cinzas mais elevada (AL et al.,2009).

As taxas de escurecimento podem variar ainda dependendo da composição do mel (ácidos, conteúdo de nitrogênio e frutose) e cor inicial, e podem estar ligadas diretamente à produção de HMF, tipo de solo e florada. A cor pode ainda ser uma indicadora de qualidade, pois com o armazenamento o mel torna-se mais escuro (CRANE, 1983).

### **2.3. Compostos Fenólicos e Antioxidantes**

O mel é efetivo contra o escurecimento enzimático de frutas e vegetais (CHEN et al., 2000), deterioração oxidativa de alguns alimentos (McKIBBEN; ENGESETH, 2002) e controle de crescimento de patógenos em alimentos (TAORMINA; NIERMIRA; BEUCHAT, 2001). É considerado um adoçante natural, fonte de energia e possui característica medicinal, que confere resistência imunológica, antibacteriano, antiinflamatório, analgésico, sedativo, expectorante e hiposensibilizador (BENDER, 1992).

A presença de compostos fenólicos como flavonóides em méis, que possui atividade vasodilatadora, antiinflamatória e antioxidante, classifica o mel como um alimento funcional, tais substâncias têm efeitos metabólicos e/ou fisiológicos que trazem benefícios à saúde, além do valor nutritivo inerente à sua composição química, desempenha um papel potencialmente benéfico na redução do risco de doenças crônicas degenerativas (NEUMANN et al., 2000; TAIPINA et al., 2002).

Os compostos fenólicos representam uma classe de metabólitos secundários com propriedades terapêuticas comprovada, bem como ação antioxidante; destacando-se a quercetina, canferol, acacetina, apigenina e outros (PEREIRA, 2010). Os antioxidantes presentes no mel incluem enzimas (catalase, glucose oxidase e peroxidase) e substâncias não enzimáticas (ácidos orgânicos, produtos da reação de Maillard, aminoácidos, proteínas, flavonóides, fenólicos,  $\alpha$ -tocoferol, flavonóis, catequinas, ácido ascórbico e carotenóides) (MEDA et al., 2005).

Sabatier et al. (1992) detectaram presença de alguns flavonóides no mel de girassol (conhecidamente rico em flavonóides). Em maiores concentrações, foram encontrados os seguintes flavonóides: pinocembrina (5,7-dihidroxi-flavona), pinobanksina (3,5,7-trihidroxi-flavonona), crisina (5,7-dihidroxi-flavona), galangina (3,5,7-trihidroxi-flavona) e

quercetina (3,5,7,3',4'-pentahidroxiflavona). Em menores concentrações a tectocrisina (5-hidroxi-7metoxiflavona) e quenferol (3,5,7,4'-tetrahidroxiflavona). Enquanto, Bogdanov (1989) com auxílio de HPLC constatou a presença de pinocembrina em quatro amostras de mel (duas de origem floral e duas de origem não-floral).

Antioxidantes são agentes nutritivos ou não, que presentes em baixas concentrações comparados aos substratos oxidáveis, retardam ou previnem a oxidação destes substratos (AL-MAMARY et al., 2002; RYBAK-CHMIELEWSKA, 2004). Alguns pesquisadores verificaram que os méis de cor escura apresentam um teor de compostos fenólicos superior e conseqüentemente, uma maior atividade antioxidante (ESTEVINHO et al., 2008).

Turkmen et al. (2006) verificaram que o tratamento térmico em mel levou ao desenvolvimento positivo da atividade antioxidante, devido a formação de produtos da reação de Maillard, como melanoidinas e hidroximetilfurfural. No entanto, o escurecimento provocado pela formação desses compostos não é desejável ao consumidor, pois indicam perda de qualidade e sabor (ALCAZAR et al., 2006).

Meda et al. (2005), ao analisarem 27 amostras de méis florais da África do Sul, observaram que o teor de compostos fenólicos variou de 32,59 a 114,75 mg ácido gálico/100g, e que os méis de honeydew apresentaram maior compostos fenólicos que os méis de origem floral. Aroucha (2012) encontrou 71,16 a 130,19 mg de ácido gálico/100g em méis de *Apis mellifera* L. e 54,23 a 75,66 mg de ácido gálico/100g em méis de abelhas do gênero *Melipona*, oriundos do estado do Rio Grande do Norte.

Lianda (2009) detectou teores de fenólicos variando de 42,8 a 78,2 mg de ácido gálico/100g em mel silvestre e de 34,0 a 53,2 mg de ácido gálico/100g em méis de laranja, oriundos do Rio de Janeiro.

Outros autores como Al-Mamary et al. (2002) e Kucuk et al. (2007) encontraram teor de fenólicos variando de 56,32 a 246,22 mg de ácido gálico/100g e de 132 a 239 mg ácido gálico/100g, respectivamente. Já Mesquita, Liberato e Braga (2012) encontraram para mel de *Apis mellifera* L., oriundos do Ceará, 55,34 mg de ácido gálico/100g e 20,02 mg de ácido gálico/100g para mel de *Melipona subnitida*.

Em relação ao teor de flavonóide, os valores variaram de 0,2 a 8,4 mg de quercetina/100g em diferentes méis de *Apis mellifera* L. (MEDA et al., 2005), 0,3 mg de quercetina/100g em méis de florada de laranja (LIANDA, 2009) e de 7,78 mg de quercetina/100g para *Melipona subnitida* e 6,91 mg de quercetina/100g para méis de *Apis mellifera* L. (MESQUITA; LIBERATO; BRAGA, 2012).

No estado do Rio Grande do Norte, Aroucha (2012) detectou teores de flavonóides variando de 3,35 a 10,05 mg de quercetina/100g para méis de *Apis mellifera* L. e de 1,93 a 2,08 mg de quercetina/100g em méis de abelhas do gênero *Melipona*.

Oliveira et al. (2012) analisando méis de *Apis mellifera* L. e de duas espécies do gênero *Melipona*, conseguiu identificar uma correlação entre os teores de polifenóis, cor do mel e atividade antioxidante, e os méis que apresentaram maiores teores de polifenóis e coloração mais escura apresentaram os melhores resultados para atividade antioxidante.

A atividade antioxidante é expressa em termos de IC<sub>50</sub> (Concentração mínima para o antioxidante reduzir 50% da concentração inicial do DPPH). Desta forma, quanto menor o valor do IC<sub>50</sub>, maior é a capacidade antioxidante das substâncias presentes nas amostras (MEDA et al., 2005).

Meda et al. (2005) detectaram maior atividade antioxidante em mel floral e menor em mel multifloral variando de 1,63 mg/mL a 29,13 mg/mL, respectivamente. Lianda (2009) verificou atividade antioxidante variando de 10,81 a 19,74 mg/mL em méis oriundos de florada de laranjeira do estado do Rio de Janeiro. Enquanto Aroucha (2012) encontrou, em méis produzidos no Rio Grande do Norte, uma atividade antioxidante inferior as já citadas anteriormente, variando de 48,67 a 90,88 mg/mL para méis de *Apis mellifera* L. e de 78,87 a 104,71 mg/mL para méis de abelhas do gênero *Melipona*.

Mesquita, Liberato e Braga (2012) obtiveram para méis produzidos no estado do Ceará, atividade antioxidante de 79,43 e 65,31 mg/mL em méis de *Melipona subnitida* e *Apis melífera* L., respectivamente. Enquanto que Liberato et al. (2013) detectaram atividade antioxidante de 1,28 mg/ml em méis de *Apis mellifera* L. e 13,71 mg/mL em méis de *Melipona subnitida* ambos coletados no município de Assu no Rio Grande do Norte.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras de méis foram coletadas entre o período de maio a setembro de 2013, proveniente de diferentes localidades do estado do Rio Grande do Norte que estão localizadas no hemisfério sul ocidental. Seus pontos extremos são limitados pelos paralelos de 4°49'53" e 6°58'57" de latitude sul e pelos meridianos 35°58'03" e 38°36'12" de longitude oeste de Greenwich limitando-se a oeste com o estado do Ceará, ao sul com o estado da Paraíba e a leste e ao norte com o oceano Atlântico. O Rio Grande do Norte está situado próximo ao Equador, o que lhe confere características climáticas bem específicas, com predomínio do clima semi-árido em praticamente todo o interior do estado e parte do litoral. A temperatura média anual é de 25,5 °C, a precipitação pluviométrica vai de 400 a 600 mm/ano com a estação chuvosa se concentrando geralmente de fevereiro a maio, a umidade relativa do ar apresenta uma variação média anual de 59 a 76%. A vegetação predominante no estado do Rio Grande do Norte é a caatinga que é composta de plantas xerófilas em grande parte caducifólias (RIO GRANDE DO NORTE, 2013; IDEMA, 2010).

Foram obtidas 45 amostras de méis, diretamente de apicultores e meliponicultores, no estado do Rio Grande do Norte, sendo adquirido 1 kg de cada amostra. Sendo 33 amostras das seguintes espécies de Meliponíneos: *Melipona subnitida* (Jandaíra – 18 amostras); *Frieseomellita varia* (Moça Branca – 03 amostras), *Melipona mandacaia* (Mandaçaia – 09 amostras) e *Plebeia sp.* (Mosquito – 03 amostras); e 12 amostras de méis provenientes da espécie *Apis mellifera* L.

As amostras após coletadas foram acondicionadas em recipientes fechados e transportadas para o Laboratório de tecnologia de Alimentos da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), localizado em Mossoró-RN no campus central, onde foram armazenadas em refrigeração a 6°C até a realização das análises. As seguintes análises foram realizadas nas amostras de méis, todas em triplicatas:

#### 3.1. Umidade

A umidade foi determinada utilizando-se um refratômetro SAMMAR modelo RT-90ATC, segundo o Método Oficial 969,38 b (AOAC, 1997). Todas as medições foram realizadas a 20 °C. Os resultados foram expressos em % (p/p).

### 3.2. pH

Para a medida do pH foi utilizado o método sugerido por Moraes e Teixeira (1998), baseado na determinação da concentração de íons de hidrogênio presentes na solução de mel. Para isto, foi diluído 10 g da amostra em 75 mL de água destilada, em um bécker de 100 mL, em seguida foi realizada a leitura direta com medidor de pH Tecnal modelo Tec-3MP devidamente calibrado.

### 3.3. Acidez livre

O método utilizado foi recomendado pela Association of Official Analytical Chemists (1990) e baseia-se na neutralização da solução ácida de mel, através do uso de uma solução de hidróxido de sódio.

No procedimento foi diluído 10 g de mel em 75 mL de água destilada, em seguida foi realizada a titulação com hidróxido de sódio 0,05N a titulação foi interrompida quando a solução atingiu um pH 8,5. O valor da acidez (miliequivalente de ácido por Kg de mel) foi determinado através da equação 1:

$$\text{Acidez livre (meq/kg)} = \text{Volume gasto de NaOH (mL)} \times \text{fator} \times 50 / \text{Massa da amostra (g)} \quad (1)$$

### 3.4. Hidroximetilfurfural (HMF)

O HMF foi determinado de acordo com o método padrão da AOAC (1990), método Oficial 980.23. Dissolveu-se 5 g de mel em 25 mL de água destilada e transferiu-se para um balão volumétrico de 50 mL, ao qual foram adicionados 0,5 mL de solução Carrez I (15g de ferrocianeto de potássio em 100 mL de água destilada) e 0,5 mL de solução Carrez II (30 g de acetato de zinco em 100 mL de água destilada) completando-se o volume com água destilada.

Depois de filtrar esta solução, os primeiros 10 mL filtrados foram rejeitados e recolheram-se alíquotas de 5 mL para dois tubos de ensaio. Em um dos tubos adicionaram-se 5 mL de água destilada (solução amostra) e em outro 5 mL de solução de bissulfito de sódio 0,2% (controle).

Leu-se a absorvância das soluções a 284 e 336nm num espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G. O valor de HMF foi determinado de acordo com a equação 2:

$$\text{HMF (mg/kg)} = (\text{Abs}_{284} - \text{Abs}_{336}) \times 149,7 \times 5 / \text{Massa da amostra} \quad (2)$$

### 3.5. Açúcares redutores e sacarose aparente

O conteúdo de açúcares redutores (%) e sacarose (%) foram determinados pelo método que utiliza os procedimentos de “Lane e Eynon” envolvendo a redução de Fehling, modificada por Soxhlet.

Para a determinação pesou-se 2 g da amostra de mel em becker de 50 mL dissolvendo-se em seguida com água destilada e completou-se o volume para 200 mL em um balão volumétrico. Retirou-se 50 mL desta solução e completou-se o volume com água destilada para um balão volumétrico de 100 mL. Para a titulação foram utilizadas duas soluções previamente preparadas, A e B (sulfato de cobre pentahidratado e tartarato de sódio e potássio tetra hidratado). Preparou-se o licor de Soxhlet adicionando em Erlenmeyer, cerca de 5 mL da solução “A”, 5 mL da solução “B” e 20 mL de água destilada.

Durante a titulação, uma alíquota de 10 mL da solução diluída de mel foi retirada com auxílio de uma bureta e adicionada ao licor de Soxhlet em Erlenmeyer. Esta mistura foi aquecida e quando entrou em ebulição adicionou-se 1 mL de solução de azul de metileno a 0,2%. Em seguida prosseguiu-se a titulação com a solução diluída de mel, que foi interrompida assim que o indicador descoloriu. Os teores de açúcares foram calculados utilizando solução padrão de glicose (5g de glicose diluídos para 200 mL), seguindo mesmo procedimento da titulação para as amostras de mel. A equação 3 foi utilizada para o cálculo dos açúcares redutores:

$$\text{AR (\%)} = 200 \times \text{MG} \times \text{VG} / \text{MA} \times \text{VA} \quad (3)$$

Onde:

AR(%) = Açúcares Redutores;

MG = Massa de glicose utilizado para preparar a solução padrão (g);

VG = Volume gasto na titulação da solução padrão de glicose (mL);

MA = Massa da amostra para preparar a solução de mel (g);

VA = Volume gasto na titulação da solução diluída de mel (mL).

Para a determinação de sacarose, transferiu-se para um balão volumétrico de 100 mL, 50 mL da solução diluída de mel adicionou-se 03 gotas de HCL concentrado e levou ao banho maria a 80°C por 30 min, retirou-se a solução de mel do banho maria e colocou-a para resfriar na bancada, após resfriar acrescentou-se 1,5 mL de NaOH 1N e completou-se o volume com água destilada. Em seguida determinou-se o teor de açúcar seguindo o mesmo procedimento usado para açúcares redutores. O valor encontrado refere-se ao teor de açúcares redutores totais, sendo utilizado a equação 4 para calcular o teor de sacarose aparente do mel.

$$SA (\%) = (ART - AR) \times 0,95 \quad (4)$$

Onde:

SA (%) = Sacarose Aparente;

ART (%) = Açúcares Redutores Totais;

AR (%) = Açúcares redutores.

### **3.6. Condutividade Elétrica**

A condutividade elétrica foi medida com auxílio de um condutivímetro TecnoPON modelo mCA 150. A ampola do condutivímetro já estabilizado foi introduzida em um bécker contendo a solução de mel que foi obtida por meio da diluição de 10g da amostra de mel em 50 mL de água destilada, realizando-se a leitura em Microsiemens ( $\mu\text{S}$ ).

### **3.7. Cinzas**

A determinação de cinzas foi realizada pelo método sugerido por Pregolato (1985) que se fundamenta na perda de massa que ocorre quando um produto é incinerado até no máximo a 550°C, com destruição da matéria orgânica, sem a decomposição dos constituintes minerais.

O procedimento consistiu-se em pesar 1g da amostra de mel em cadinho previamente tarado, livre de umidade, que foi levado ao fogo sobre tela de amianto até que o mel ficasse completamente queimado obtendo-se uma massa endurecida.

Em seguida o cadinho contendo a amostra foi transportado para mufla sendo aquecido a uma temperatura de 550°C por cerca de 3 horas. Após as três horas o cadinho

foi retirado da mufla e levado para um dessecador, onde permaneceu até o resfriamento. Os cadinhos foram pesados e as cinzas foram obtidas através da equação (5):

$$\text{Cinzas (\%)} = (\text{Massa do cadinho com cinzas} - \text{Massa do cadinho} / \text{Massa da amostra}) \times 100 \quad (5)$$

### 3.8. Sólidos Insolúveis em Água

Determinou-se o teor de sólidos insolúveis no mel por gravimetria de acordo com o método sugerido pelo Codex Alimentarius Commission (1990), que se fundamenta na insolubilidade de cera, grãos de pólen e outros componentes normais do sedimento do mel.

No procedimento foram diluídos 20g de mel em água destilada a 80°C e em seguida foi realizada a filtração em papel de filtro previamente tarado, o papel filtro foi lavado com água destilada a 80°C até ficar livre dos açúcares. Após a lavagem o papel foi levado à estufa a 135°C onde permaneceu por cerca de 1 hora, foi retirado da estufa e colocado para esfriar em dessecador e em seguida pesado. Os resultados foram calculados através da equação 6:

$$\text{Sólidos insolúveis (\%)} = (P \times 100) / P' \quad (6)$$

onde:

P: Massa em gramas de insolúveis (diferença de peso no papel)

P': Massa em gramas da amostra utilizada

### 3.9. Atividade Diastásica

Foi determinada de acordo com o método oficial AOAC 958,09 (AOAC, 1990). Dissolveu-se 10 g de mel em 5 mL de solução tampão acetato pH 5,3 e 20 mL de água destilada. Em um balão volumétrico de 50 mL, colocou-se 3 mL de solução de cloreto de sódio 0,5 M e a solução de mel, e completou-se o volume com água destilada. Transferiram-se 10 mL desta solução para dois balões volumétricos de 50 mL (balão I = solução de referência; balão II = solução amostra) que foram colocados num banho a 40 °C, juntamente com a solução de amido.

Após 15 minutos no banho, foram adicionados 5 mL de água destilada ao balão I e 5 mL de solução de amido ao balão II. Em intervalos de tempo de 5 minutos, transferiram-

se 1 mL dos balões I (referência) e II (amostra) para balões volumétricos de 50 mL que continham 10 mL de solução de iodo 0,0007 N e 35 mL de água destilada. Leu-se a absorbância da solução amostra (balão II) a 660 nm, usando como branco a solução referência (balão I), num espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G.

A absorbância da amostra foi lida de 5 em 5 minutos, até se atingir um valor inferior a 0,235. Para determinar o tempo em que a absorbância atingiu esse valor, efetuou-se um gráfico de absorbância em função do tempo. Os resultados foram expressos em graus Gothe. A atividade diastásica foi determinada de acordo com a equação 7:

$$\text{Atividade Diastásica} = 300/\text{tempo}_{(\text{Abs } 0,235)} \quad (7)$$

### 3. 10. Cor

O método utilizado foi o mesmo descrito por Vidal e Fregosi (1984), que se baseia nos diferentes graus de absorção de luz de vários comprimentos de onda, dependendo dos constituintes presentes na amostra de mel.

A classificação da cor dos méis foi realizada com auxílio de um espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G e consistiu na leitura da amostra de mel a uma absorbância de 560 nm, utilizando como branco a glicerina pura. A leitura encontrada, posteriormente foi transformada em cor pela escala de Pfund.

Tabela 1: Escala de cores de Pfund para classificação de méis.

<b>Cor</b>	<b>Escala de Pfund (mm)</b>	<b>Faixa de coloração: Absorbância da amostra (nm)</b>
Branco d'água	1 a 8	0,030
Extra branco	8 a 17	0,030 a 0,060
Branco	17 a 34	0,060 a 0,120
Extra âmbar claro	34 a 50	0,120 a 0,188
Âmbar claro	50 a 85	0,188 a 0,440
Âmbar	85 a 114	0,440 a 0,945
Âmbar escuro	>114	>0,945

Fonte: (MARCHINI et al., 2004)

### **3.11. Atividade de Água**

Para esta avaliação foi colocado um volume de aproximadamente 7,5 mL de mel no aparelho ITK Wuxi Hake Apparatus modelo HD-3A. Este aparelho utiliza a técnica de determinação do ponto de orvalho encapsulado.

### **3.12. Flavonóides Totais**

Determinou-se conforme metodologia descrita na literatura (MEDA et al., 2005; AHN et al., 2007), com adaptações. Para isto, fez-se uma solução de cloreto de alumínio a 2% diluída em metanol. Foram adicionados 5 mL de cloreto de alumínio (2%) ao mesmo volume de uma solução de mel (0,02 mg/mL). A absorbância foi lida com o auxílio de espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G em um comprimento de onda de 415 nm, após 10 minutos utilizando o metanol como branco. Uma curva de quercetina (5 a 50mg/L) foi usada como padrão. O conteúdo de flavonóides foi expresso em mg de quercetina (QE)/100g de mel.

### **3.13. Fenólicos totais**

Esta determinação foi realizada conforme método descrito por MEDA et al. (2005) utilizando-se o reagente Folin-Ciocalteu (SINGLETON; ROSSI, 1965). Para isto, 5g de mel foi diluído em 50 mL de água destilada. Da solução de mel (0,1g/mL) foi retirada uma alíquota de 0,5 mL e misturada a 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, após 5 minutos foram adicionados 2 mL de carbonato de sódio (75 g/L). Após 2 horas, a absorbância foi medida com auxílio de um espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G em comprimento de onda de 760 nm contra um branco (metanol). Para os cálculos de fenólicos totais, foi utilizada uma curva padrão de ácido gálico (20 a 200 mg/L), os resultados foram expressos em mg de ácido gálico (AG)/100g de mel.

### **3.14. Determinação da atividade antioxidante**

A determinação da atividade antioxidante dos méis foi realizada com o uso do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazil (DPPH), conforme modificações feita por Meda et al. (2005). Na presença de um antioxidante, a coloração púrpura do DPPH decai, e a mudança

de absorvância pode ser lida espectrofotometricamente. As soluções estoque de mel (100 mg/mL) e de DPPH (0,02 mg/mL) foram diluídas em metanol. A partir da solução estoque de mel fez-se cinco diluições (100, 75, 50, 25 e 10 mg/mL do mel) para fornecer a faixa de melhor atividade. Das soluções obtidas de cada diluição foi retirada uma alíquota de 0,75 mL, em cubeta e acrescentado 1,5 mL da solução de DPPH, depois de misturado foi deixado por 15 minutos à temperatura ambiente, no escuro. Todas as determinações foram realizadas em triplicatas. As leituras das soluções foram realizadas com auxílio de um espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G em um comprimento de onda de 517 nm. O branco utilizado foi 0,75 mL de metanol e 1,5 mL da solução de DPPH.

Dessa forma a atividade antioxidante dos méis foi expressa considerando o percentual de inibição do radical DPPH, calculado conforme equação 8.

$$\text{Inibição (\%)} = [( \text{Absorbância}_{\text{Branco}} - \text{Absorbância}_{\text{Amostra}} ) / \text{Absorbância}_{\text{Branco}}] \times 100 \quad (8)$$

A atividade sequestrante do radical livre DPPH foi expressa em termos de IC<sub>50</sub> (Concentração mínima para o antioxidante reduzir 50% da concentração inicial do DPPH), através da média obtida nos gráficos que relacionam o percentual de atividade contra a concentração da substância ensaiada. Desta forma, quanto menor o valor do IC<sub>50</sub>, maior é a capacidade antioxidante das substâncias presentes nas amostras.

### **3.15. Teor de antioxidante**

O teor de antioxidante foi avaliado como descrito por Meda et al. (2005) com adaptações. As amostras foram dissolvidas em metanol (100 mg/mL) e 0,75 mL de cada amostra foi misturado com 1,5 mL de uma solução de DPPH (0,02 mg/mL) diluído em metanol. As misturas foram mantidas durante 15 minutos à temperatura ambiente e no escuro; as absorvâncias foram medidas com auxílio de um espectrofotômetro Gehaka modelo UV-340G em um comprimento de onda de 517 nm. O branco consistiu de 0,75 mL de metanol e 1,5 mL da solução de DPPH. O conteúdo de antioxidante foi determinado utilizando curva padrão para o ácido ascórbico (0-10 µg/mL) e quercetina (0-6,25 µg/mL). As médias de três valores obtidos foram expressos em mg de ácido ascórbico equivalente (EAA) por 100 g de mel e mg de quercetina equivalente (EQ) por 100 g de amostra.

### **3.16. Análise dos dados**

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e a comparação de médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade usando o Microsoft Excel.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição físico-química dos méis de Meliponíneos e *Apis mellifera* L. coletados no estado do Rio Grande do Norte, estão dispostos na Tabela 2. E na Tabela 3, está descrito os teores de flavonóides totais, fenólicos totais, atividade antioxidante e conteúdo de antioxidante dos méis de Meliponíneos e de *Apis mellifera* L.

### 4.1. Umidade

A umidade média dos méis variou conforme a espécie (Tabela 2). O mel de *Apis mellifera* L. apresentou umidade significativamente inferior aos demais méis avaliados. Para os méis de meliponíneos, a umidade média do mel de *Frieseomelitta varia* (23,2%) foi inferior às espécies *Melipona subnitida* (26,2%), *Melipona mandacaia* (26,4%) e *Plebeia sp* (26,0%). Essa característica distingue bastante os méis de *Apis mellifera* L. e de Meliponíneos e predispõe este último a um maior rigor quanto à conservação, já que possui condição favorável ao crescimento de leveduras osmofílicas (MASSAGUER, 2005).

Chaves, Gomes e Costa (2012) defendem que o mel de meliponíneos possui umidade mais elevada devido às abelhas opercularem o mel com um alto teor de umidade quando a *Apis mellifera* L. só opercula o mel quando o mesmo estiver desidratado (considerado maduro).

A umidade do mel de *Apis mellifera* L. está dentro do especificado na legislação brasileira (BRASIL, 2000) que estabelece valor máximo de 20%. A média de 17,6% de umidade é considerada ótima para a conservação. Resultados aproximados foram detectados em mel de *Apis mellifera* L. por Sodré et al. (2007) e Oliveira e Santos (2011) que encontraram umidade média para méis provenientes do Ceará de 18,7% e 19,07%. Já Soares et al. (2010) verificaram variação maior na umidade de méis comercializados no município de Apodi/RN (16,5 a 21,5%).

A espécie *Frieseomelitta varia* apresentou umidade em torno de 11,4% inferior aos méis de *Melipona subnitida*, *Melipona mandacaia* e *Plebeia sp*. Essa umidade mais baixa em relação aos demais méis de meliponíneos é uma característica interessante da espécie *Frieseomelitta varia*, pois constitui uma vantagem sobre as demais, por se tratar de uma característica que influencia o tempo de conservação do mel. Silva et al. (2009) detectou para méis de *Frieseomelitta varia* uma umidade média de 19,6%.

Tabela 2 – Características Físico-Químicas de méis de Meliponíneos e *Apis mellifera* L.

	<i>Melipona subnitida</i> (n = 18)	<i>Melipona mandacaia</i> (n = 9)	<i>Plebeia</i> sp. (n = 3)	<i>Frieseomelitta varia</i> (n = 3)	<i>Apis mellifera</i> L. (n = 12)	Limites	
						Villas-Bôas e Malaspina(2005)	Legislação Brasileira(2000)
Acidez (meq/kg)	30,1 ± 12,7 <sup>b</sup> (11,3 – 53,3)	81,8 ± 18,0 <sup>a</sup> (67,0 – 104,8)	114,2 ± 0,5 <sup>a</sup> (113,9 – 114,6)	113,3 ± 1,3 <sup>a</sup> (112,4 – 114,3)	42,1 ± 18,2 <sup>b</sup> (13,4 – 56,1)	≤85	50
pH	4,0 ± 0,8 <sup>a</sup> (3,3 – 5,8)	3,6 ± 0,1 <sup>a</sup> (3,4 – 3,7)	4,3 ± 0,1 <sup>a</sup> (4,3 – 4,4)	3,8 ± 0,1 <sup>a</sup> (3,7 – 3,8)	3,8 ± 0,2 <sup>a</sup> (3,5 – 4,0)	-	-
Umidade (%)	26,2 ± 1,2 <sup>a</sup> (24,0 – 27,8)	26,4 ± 0,7 <sup>a</sup> (25,6 – 27,2)	26,0 ± 0,1 <sup>a</sup> (26,0 – 26,1)	23,2 ± 0,1 <sup>b</sup> (23,1 – 23,3)	17,6 ± 0,7 <sup>c</sup> (16,8 – 18,5)	≤ 35	≤ 20,0
CE (µS/cm)	297,8 ± 110,1 <sup>d</sup> (173,7 – 515,4)	1206,3 ± 138,4 <sup>c</sup> (1069,0 – 1446,0)	2445,0 ± 7,1 <sup>a</sup> (2440,0 – 2450,0)	1443,0 ± 15,6 <sup>b</sup> (1432,0 – 1454,0)	469,3 ± 381,9 <sup>d</sup> (10,0 – 1006,0)	-	-
HMF (mg/kg)	30,9 ± 25,5 <sup>b</sup> (4,6 – 57,5)	21,0 ± 16,1 <sup>b</sup> (2,7 – 38,7)	12,0 ± 1,0 <sup>b</sup> (11,3 – 12,7)	18,1 ± 0,6 <sup>b</sup> (17,7 – 18,6)	57,6 ± 13,2 <sup>a</sup> (38,6 – 74,3)	≤40	60
Açúcares redutores (%)	67,0 ± 5,8 <sup>a</sup> (59,0 – 73,8)	67,6 ± 4,5 <sup>a</sup> (63,6 – 67,6)	42,0 ± 0,6 <sup>b</sup> (41,6 – 42,4)	51,1 ± 1,0 <sup>b</sup> (50,4 – 51,8)	72,8 ± 5,9 <sup>a</sup> (68,6 – 82,2)	≥50	≥ 65
Sacarose (%)	6,5 ± 3,4 <sup>a</sup> (3,9 – 13,9)	3,1 ± 2,5 <sup>ab</sup> (1,4 – 6,7)	2,1 ± 1,1 <sup>ab</sup> (1,3 – 2,9)	1,4 ± 0,5 <sup>b</sup> (1,1 – 1,8)	4,8 ± 1,1 <sup>ab</sup> (3,5 – 6,9)	≤ 6,0	≤ 6,0
Diastase (Escala Gothe)	0,0 <sup>b</sup>	0,0 <sup>b</sup>	0,0 <sup>b</sup>	0,0 <sup>b</sup>	11,7 ± 6,2 <sup>a</sup> (2,1 – 18,1)	≤ 3	≤ 8
Sólidos insolúveis (%)	0,6 ± 0,3 <sup>a</sup> (0,0 – 1,1)	0,49 ± 0,32 <sup>a</sup> (0,07 – 0,78)	0,33 ± 0,01 <sup>a</sup> (0,32 – 0,33)	0,67 ± 0,02 <sup>a</sup> (0,65 – 0,68)	0,4 ± 0,2 <sup>a</sup> (0,2 – 0,7)	≤ 0,4	≤ 0,1
Cinzas (%)	0,23 ± 0,20 <sup>c</sup> (0,01 – 0,54)	0,54 ± 0,21 <sup>ab</sup> (0,25 – 0,77)	0,44 ± 0,01 <sup>abc</sup> (0,43 – 0,44)	0,63 ± 0,04 <sup>a</sup> (0,60 – 0,66)	0,28 ± 0,13 <sup>bc</sup> (0,12 – 0,47)	≤ 0,6	≤ 0,6
Cor	0,26 ± 0,08 <sup>a</sup> (0,16 – 0,39)	1,04 ± 0,84 <sup>a</sup> (0,41 – 1,99)	0,86 ± 0,07 <sup>a</sup> (0,81 – 0,91)	0,91 ± 0,15 <sup>a</sup> (0,69 – 0,06)	1,41 ± 1,15 <sup>a</sup> (0,26 – 3,0)	-	-
A <sub>w</sub>	0,70 ± 0,05 <sup>b</sup> (0,65 – 0,78)	0,73 ± 0,06 <sup>b</sup> (0,68 – 0,79)	0,80 ± 0,09 <sup>a</sup> (0,74 – 0,87)	0,69 ± 0,06 <sup>b</sup> (0,66 – 0,73)	0,58 ± 0,02 <sup>c</sup> (0,55 – 0,60)	-	-

Os valores da tabela são médias ± Erro padrão, os valores mínimo e máximo observados estão entre parênteses. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Da mesma forma Mesquita et al. (2007) e Aroucha (2012) verificaram umidade de 26% em méis de abelhas do gênero *Melipona* oriundos do Rio Grande do Norte. Enquanto, Bruijn e Sommeijer (1997) detectaram em mel de *Melipona favosa* e *Melipona Trinitatis* umidade média de 23,5%.

Os méis de meliponíneos apresentaram umidade superior ao estabelecido pela legislação brasileira para *Apis mellifera* L.. Porém, Villas-Bôas e Malaspina (2005) recomendam limite máximo de 35% para a umidade de méis de Meliponíneos brasileiros. Verifica-se que os valores de umidade do mel de Meliponíneos estudados estão dentro do recomendado.

A umidade do mel é uma de suas características mais importantes e constitui o segundo componente em quantidade, variando conforme o clima, a procedência floral, época de colheita (OLIVEIRA; SANTOS, 2011) e espécie (AROUCHA, 2012). E influencia a viscosidade, fluidez e conservação do mel (CHAVES; GOMES; COSTA, 2012; VILLAS-BÔAS; MALASPINA, 2005; SOUZA et al., 2009).

#### **4.2. pH**

Apesar da legislação brasileira não considerar o pH como parâmetro para avaliar a qualidade do mel (BRASIL, 2000), a determinação deste é importante já que valores alterados de pH podem indicar fermentação ou adulteração do mel.

As amostras analisadas não apresentaram diferenças quanto ao pH (Tabela 2). Ao contrário do que foi verificado entre os méis de meliponíneos e *Apis mellifera* L. neste estudo, Bruijn e Sommeijer (1997) verificaram que os méis de *Melipona favosa* e *Melipona Trinitatis* apresentaram pH mais baixo que méis de *Apis mellifera* L., segundo o autor esses méis possuem acidez livre maior.

O pH dos alimentos em torno de 4,6 é importante do ponto de vista tecnológico pois alimentos com pH acima de 4,6 estão susceptíveis a proliferação de bactérias patogênicas, apresentando pouca estabilidade (FENNEMA, 2000; SOUZA et al., 2009).

Para esta característica, Souza et al. (2009) relataram valores de pH variando de 3,16 a 6,50 para méis do gênero *Melipona* coletados no estado da Bahia; da mesma forma Oliveira e Santos (2011) encontraram o pH variando de 3,49 a 4,53 em méis de

meliponíneos do estado do Ceará, estando dentro destes intervalos os resultados encontrados neste trabalho.

Oliveira e Santos (2011) relataram pH médio de 3,5 (variação de 3,49 a 4,53) em méis de *Apis mellifera* L. coletados no Ceará. Enquanto, Aroucha (2012), também trabalhando com méis de *Apis mellifera* L. no Rio Grande do Norte, relatou pH médio dos méis de 4,2 para a região Oeste do estado e de 4,0 para a região Central, encontrando também diferença na época de colheita, demonstrando dessa forma que o pH pode variar em função da região e época que foi coletado o mel.

### 4.3. Acidez livre

As amostras de méis de *Plebeia sp.* (114,2 meq/kg), *Frieseomelitta varia* (113,3 meq/kg) e *Melipona mandacaia* (81,8 meq/kg) apresentaram acidez livre semelhante entre si e superiores a acidez livre dos méis *Melipona subnitida* e *Apis mellifera* L. (Tabela 2).

Quando comparado, os valores médios de acidez livre do mel de *Apis mellifera* L. (42,1 meq/kg) foram estatisticamente semelhantes aos valores de acidez livre do mel de *Melipona subnitida* (30,1 meq/kg).

Ao contrário, Bruijn e Sommeijer (1997) detectaram maior acidez livre em méis de abelhas do gênero *Melipona*, quando comparado à espécie *Apis mellifera* L. Enquanto, Souza et al. (2009) relatam a acidez em méis de abelhas do gênero *Melipona* variando de 5,1 a 88,6 meq/kg, estando dessa forma os resultados obtidos neste trabalho dentro desse intervalo para os méis de *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia*.

Levando em consideração a legislação brasileira, para *Apis mellifera* L., os méis apresentaram valor médio de acidez livre dentro do limite máximo de 50 meq/kg (BRASIL, 2000). Por outro lado, para os meliponíneos, apenas os méis de *Melipona subnitida* e de *Melipona mandacaia* se enquadra dentro do limite estabelecido pela legislação brasileira para acidez e dentro do sugerido para Meliponíneos do Brasil (máximo de 85 meq/kg) por Villas-Bôas e Malaspina (2005).

Alguns autores relatam que, com o tempo de armazenamento a acidez elevada, em méis de meliponíneos, pode ser um indicativo de fermentação, devido a sua umidade elevada favorecer essa reação (OLIVEIRA; RIBEIRO; OLIVEIRA, 2013; VIT et al., 2004).

A acidez do mel de meliponíneos geralmente é mais alta do que a acidez de méis de *Apis mellifera* L., conferindo aos méis de meliponíneos um sabor diferenciado, sendo

juntamente com a umidade um dos principais fatores que o diferencia do mel de *Apis mellifera* L., mas essa acidez elevada em méis de meliponíneos pode ser devido ao alto teor de umidade desses méis que favorece a fermentação e consequentemente o aumento na acidez (OLIVEIRA; RIBEIRO; OLIVEIRA, 2013; VIT et al., 2004).

Da mesma forma Aroucha (2012), trabalhando com méis de abelhas do gênero *Melipona*, determinou uma acidez livre média de 31,75 meq/kg em méis coletados em 2011 no Rio grande do Norte, estando esse resultado compatível com a acidez obtida nos méis de *Melipona subnitida* deste estudo.

Oliveira e Santos (2011) trabalhando com méis de *Apis mellifera* L. coletados no Ceará, encontraram valor médio de 45,64 meq/kg. Abadio Finco, Moura e Silva (2010) detectaram acidez média de 44,7 meq/kg em méis de *Apis mellifera* L. coletados no estado do Tocantins. E Aroucha (2012) encontrou variação de 21,4 a 72,2 meq/kg em méis de *Apis mellifera* L. do Rio Grande do Norte.

#### 4.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica (CE) dos méis variou com a espécie (Tabela 2). A CE do mel de *Melipona subnitida* foi estatisticamente igual ao mel de *Apis mellifera* L. e, esses apresentaram valores de CE inferiores aos demais méis avaliados.

A condutividade elétrica vem sendo muito utilizada na caracterização da origem floral do mel, sendo que méis que apresentam CE até 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  podem ser caracterizados como de origem floral, enquanto méis que apresentam valores de CE superiores, são tidos como não floral, da mesma forma méis de mesma origem floral apresentam condutividade elétrica semelhante (BOGDANOV, 2008; CAMPOS, 1998).

Verifica-se ainda que entre os meliponíneos houve diferença significativa da CE. Com a espécie *Plebeia sp.*, apresentando maior condutividade elétrica média (2445,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), seguida da espécie *Frieseomellita varia* (1443,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), *Melipona mandacaia* (1206,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e *Melipona subnitida* (297,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

A legislação brasileira não apresenta valores de referência para essa característica, mas é fixado o máximo de 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  pelo Codex Alimentarius Commission para o padrão internacional, estando de acordo com legislação internacional as amostras de *Melipona subnitida* e de *Apis mellifera* L. analisadas neste trabalho.

Abadio Finco, Moura e Silva (2010), ao analisarem méis de *Apis mellifera* L. do Sul do Tocantins, verificaram condutividade elétrica variando de 300 a 1040  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Enquanto, Richter et al. (2011), analisando méis do Rio Grande do Sul, encontraram valores maiores variando de 652 a 1667,33  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 1049  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , de forma que este último trabalho apresentou condutividade elétrica média superior ao encontrado neste trabalho para méis de *Apis mellifera* L.

Aroucha (2012), trabalhando com méis de abelhas do gênero *Melipona*, encontrou uma condutividade média 527,05  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para méis coletados em 2010 e de 377,65  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para os méis coletados em 2011, resultados superiores aos encontrados neste estudo para CE média dos méis de *Melipona subnitida* (297,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Para *Melipona mandacaia* o valor médio obtido por Souza et al. (2009) foi de 283,65  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , bem inferior ao encontrado neste trabalho (1206,3  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Chaves, Gomes e Costa (2012) trabalhando com méis de *Melipona fulva*, produzidos no estado do Macapá, encontraram valor médio de 34,453  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para a condutividade elétrica, os mesmos argumentam que méis com baixa condutividade elétrica apresentam baixos teores de substâncias condutoras de corrente elétrica, ou seja, apresentam poucos minerais.

#### **4.5. Hidroximetilfurfural**

Houve diferença estatística no teor de HMF dos méis de meliponíneos e mel de *Apis mellifera* L. (Tabela 2). O mel de *Apis mellifera* L. apresentou maior valor de HMF entre os méis avaliados.

O hidroximetilfurfural do mel pode ser afetado pela acidez, pH, conteúdo de água e minerais, além do que pode ser um indicativo do processo de deterioração, já que condições inadequadas de armazenamento e tratamento térmico excessivo podem aumentar a sua concentração (FALLICO et al., 2004; CHAVES; GOMES; COSTA, 2012; SOUZA et al., 2009).

Ao se comparar os resultados de HMF dos méis de meliponíneos não se observa diferença significativa entre os méis. Os valores variaram de 12 a 30,9 mg/Kg. Os valores de HMF quando comparados com aqueles estabelecidos pela legislação brasileira, verifica-se que independente da espécie, os méis apresentaram valores dentro do limite máximo estabelecido pela legislação brasileira, de 60 mg/kg (BRASIL, 2000) e pelo Codex

Alimentarius Commission que estabelece HMF máximo de 80 mg/kg para méis produzidos em regiões tropicais.

Ao se comparar os valores de HMF dos méis de meliponíneos com os limites sugeridos por Villas-Bôas e Malaspina (2005), percebe-se que apesar do teor elevado de HMF do mel de *Melipona subnitida*, os méis apresentaram HMF médio dentro do limite máximo sugerido de 40 mg/kg.

Da mesma forma, Souza et al. (2009) relataram, em mel de abelhas do gênero *Melipona*, HMF variando de 0,0 a 60,2 mg/kg, compatível com o encontrado nos méis de abelhas do gênero *Melipona* neste trabalho. Por outro lado, Almeida (2002) obteve 7,64 mg/kg para HMF em méis de *Plebeia droryana* um pouco inferior ao encontrado neste estudo que foi de 12,0 mg/kg em espécie do mesmo gênero.

Para os méis de *Apis mellifera* L., Oliveira e Santos (2011) relataram HMF variando de 6,08 a 194,75 mg/kg em méis do Ceará. Enquanto Aroucha (2012) e Richteret et al. (2011), detectaram respectivamente, em méis do Rio Grande do Norte e Rio Grande do Sul, HMF de 13 a 91,8 mg/kg e de 0,29 a 71,26 mg/kg. Tais valores estão próximos aos detectados para mel de *Apis mellifera* L. no presente estudo.

#### **4.6. Atividade Diastásica**

Não foi possível detectar leitura pelo método utilizado, para méis de meliponíneos, semelhante aos resultados encontrados por Aroucha (2012), Souza et al. (2009) e por Bruijn e Sommeijer (1997) que também não conseguiram leitura em méis de abelhas do gênero *Melipona*. Existe um consenso sobre a baixa atividade diastásica em méis de *Melipona*; assim ao invés de se atestar a qualidade dos méis analisados, a atividade diastásica baixa poderia constituir uma característica inerente aos méis deste tipo de abelhas.

Mesmo assim, Holanda et al. (2012) detectaram atividade diastásica em méis de meliponíneos variando de 0,6 e 2,93 na escala Gothe. Borsato (2013) observou valores de 0,92 a 11,27 na escala Gothe. Vit e Pulcini (1996) detectaram atividade diastásica de 2,6 na escala Gothe, como sendo o menor valor nas amostras de mel das espécies *M. compressipes compressipes*, *M. favosa favosa*, *M. lateralis kangarumensis*, *M. paraensise* e *Scaptotrigona sp.* e variando de 6,6 a 13,7 na escala Gothe para méis de *Frieseomelitta*

sp. Assim, Villas-Bôas e Malaspina (2005) sugerem para méis de meliponíneos do Brasil atividade diastásica mínima de 3 na escala Gothe.

Não obstante, o mel de *Apis mellifera* L. apresentou valor médio de atividade diastásica de 11,7 na escala Gothe, o mesmo está dentro do limite mínimo estabelecido pela legislação brasileira de 8 na escala Gothe e de 3, se o teor de HMF não ultrapassar 15 mg/kg (BRASIL, 2000).

A função da diastase é quebrar o amido, estando relacionada com a digestão do pólen. Esta enzima apresenta um elevado grau de instabilidade quando submetida a altas temperaturas, sendo uma característica importante na determinação da qualidade do mel, pois indica se este foi aquecido ou adulterado (LOPES, 2010; AROUCHA, 2012).

Saraiva et al. (2013), estudando méis de *Apis mellifera* L. do Maranhão, encontraram a atividade diastásica variando de 2,8 a 9,3 na escala Gothe; Enquanto De Jesus et al. (2012) obtiveram valores variando de 13,8 a 15 na escala Gothe.

Sodré et al. (2007), analisando méis de *Apis mellifera* L. do Ceará, detectaram atividade diastásica variando de 5,3 a 43,39 na escala Gothe. Para White Júnior (1994) a atividade diastásica usada como indicador da qualidade do mel deve ser questionada, devido à grande variação na quantidade de diastase em méis recém-coletados e não aquecidos.

#### **4.7. Açúcares redutores**

Os açúcares redutores variaram bastante com a espécie da abelha (Tabela 2). Os méis das espécies *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia* apresentaram teores de açúcares redutores semelhantes aos méis de *Apis mellifera* L. e significativamente superiores aos méis de *Frieseomellita varia* e *Plebeia* sp. (Tabela 1).

Apenas os méis de *Apis mellifera* L., *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia* apresentaram teores médios de açúcares redutores dentro do recomendado pela legislação brasileira para mel floral que é um mínimo de 65% (BRASIL, 2000). Vários outros autores relataram resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo, para os teores de açúcares redutores em méis de *Apis mellifera* L. (SODRÉ et al., 2007; AROUCHA, 2012; ABADIO FINCO; MOURA; SILVA, 2010; OLIVEIRA; SANTOS, 2011).

Dos méis de meliponíneos, os méis de *Frieseomellita varia* e *Plebeia* sp., não apresentaram valor mínimo de açúcar redutor pela legislação brasileira (BRASIL, 2000). E

apenas o mel de *Plebeia* sp. não atingiu teor mínimo de açúcar redutor (50%), conforme sugestão de Villas-Bôas e Malaspina (2005), para os méis de meliponíneos do Brasil.

Os valores médios de açúcares redutores encontrados para os méis de *Melipona subnitida* (67,6%) e *Melipona mandacaia* (67,0%), neste trabalho foram superiores aos detectados em mel de meliponíneos (60,01%) do Ceará, por Oliveira e Santos (2011). E este, por outro lado foram superiores aos méis de *Frieseomelitta varia* (51,1%) e *Plebeia* sp.(42,0%).

Souza et al. (2009) observaram grande variação de açúcares redutores (50,6 a 93,1%) em méis de abelhas do gênero *Melipona*, como também Oliveira, Ribeiro e Oliveira (2013) perceberam uma variação de 53 a 70,7% em méis de meliponíneos, de forma que os resultados detectados, neste estudo, se assemelham aos divulgados pelos autores supracitados.

#### **4.8. Sacarose aparente**

O teor de sacarose não diferiu estatisticamente entre méis de meliponíneos e *Apis mellifera* L. (Tabela 2). Não obstante, houve diferença significativa entre o teor de sacarose dos méis da espécie *Melipona subnitida* e *Frieseomelitta varia*, com o menor teor de sacarose observado para a espécie *Frieseomelitta varia* (1,4%).

Observa-se que o teor médio de sacarose para o mel de *Apis mellifera* L. apresentou-se dentro do estabelecido pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) para mel floral (máximo de 6%). Apenas o mel de *Melipona subnitida* não apresentou sacarose média condizente com o padrão de qualidade para comercialização, nem pela legislação brasileira e, nem pelo sugerido por Villas-Bôas e Malaspina (2005) para meliponíneos brasileiro (máximo 6%).

Oliveira e Santos (2011), também verificaram variação nos teores de sacarose entre méis de diferentes espécies, com variação de 0,49 a 3,63% em méis de *Apis mellifera* L. e de 3,24 a 5,54% em méis de meliponíneos do Ceará. Sousa et al. (2013) e Aroucha (2012) encontraram sacarose média variando de 1,5 a 10,2% e de 4,2 a 7,8% em méis de meliponíneos do Rio Grande do Norte. Enquanto Souza et al. (2009) observaram uma variação da sacarose de 0,2 a 9% em méis de meliponíneos da Bahia.

Elevados teores de sacarose pode indicar adulteração por xarope de sacarose parcialmente invertida e/ou indicar uma colheita prematura do mel, onde parte da sacarose

presente no néctar não foi convertida, pela invertase, em glicose e frutose (BORSATO, 2013; VARGAS, 2006; CRANE, 1985).

#### 4.9. Sólidos insolúveis

Observa-se para o teor de sólidos insolúveis, valores médios bem distintos entre as espécies, entretanto não houve diferenças significativas entre os méis para essa característica (Tabela 2).

Os sólidos insolúveis indicam impurezas presentes no mel, sua maior quantidade pode estar relacionada à presença de partes de abelhas (patas e asas), cera, poeira e pedaços de madeira, sendo uma característica que está intimamente relacionada à coleta e ao processamento do mel (SILVA et al., 2006). Porém não pode ultrapassar a quantidade de 0,1 g/100 g para mel centrifugado, exceto no mel prensado, que pode tolerar 0,5 g/100 g pela legislação brasileira (BRASIL, 2000).

Pelos resultados verifica-se que o mel de *Apis mellifera* L. apresentou-se dentro do estabelecido para mel prensado, com média de 0,4%. Por outro lado, quando se compara os méis de meliponíneos entre si, apenas a espécie *Plebeia* sp. apresentou sólidos insolúveis dentro do valor sugerido para méis de meliponíneos do Brasil, por Villas-Bôas e Malaspina (2005), que recomendam teor máximo de 0,4%.

Esse resultado pode ter sido influenciado pelo tipo de caixa usado, na criação das abelhas e pelo método de coleta tradicional (perfuração dos potes), realizado principalmente no nordeste, em que o mel antes de ser coletado percorre toda a caixa (VILLAS-BÔAS, 2012), aumentando assim a possibilidade de adquirir impurezas.

Santos, Oliveira e Martins (2011), trabalhando com mel de *Apis mellifera* L., detectaram sólidos insolúveis variando de 0,26 a 0,89%; enquanto Oliveira e Santos (2011) obtiveram uma variação de 0,46 a 1,55%.

Para méis de meliponíneos, Alves et al. (2011), Oliveira e Santos (2011) e Holanda et al. (2012) obtiveram para esta característica valores inferiores aos detectados neste estudo. Já Oliveira, Ribeiro e Oliveira (2013) detectaram valores mais elevados de sólidos insolúveis (1,72 a 2,86%).

#### 4.10. Cinzas

Para o teor de cinzas verifica-se que apenas o mel da espécie *Frieseomelitta varia* apresentou valores estatisticamente superiores ao mel da espécie *Apis mellifera* L. (Tabela 2).

Por outro lado, houve diferenças significativas dos valores de cinzas entre os méis de meliponíneos (Tabela 1). A espécie *Melipona subnitida* apresentou valores médios de cinzas inferiores aos méis de *Frieseomelitta varia* e *Melipona mandacaia* e semelhante ao mel de *Plebeia* sp..

Ao comparar os teores médios de cinzas com o estabelecido pela legislação brasileira (máximo de 0,6%), percebe-se que, com exceção do mel de *Frieseomelitta varia*, os demais méis avaliados encontram-se dentro do padrão para comercialização. Da mesma forma quando se compara os méis de meliponíneos entre si apenas o mel de *Frieseomelitta varia* não se enquadra no padrão sugerido por Villas-Bôas e Malaspina (2005).

O teor de cinzas expressa a riqueza mineral do mel, sendo também utilizado para determinar irregularidades como a falta de higiene e a não decantação e/ou filtração do mel após a coleta, como também está relacionado com a sua origem botânica e geográfica (SOUZA et al., 2009; EVANGELISTA-RODRIGUES et al., 2005; MARCHINI et al., 2004).

Oliveira e Santos (2011) encontraram resultados semelhantes de cinzas aos encontrados neste trabalho para méis de *Apis mellifera* L. (0,25 a 0,56% de cinzas). Já Aroucha (2012) e Abadio Finco, Moura e Silva (2010) obtiveram resultados inferiores variando de 0,097 a 0,175% e de 0,01 a 0,03% de cinzas, respectivamente.

Quanto aos méis de meliponíneos os teores de cinzas encontra-se compatíveis com os resultados encontrados por Sousa et al. (2013), que verificaram variação de 0,1 a 1,1% de cinzas em méis de diferentes espécies de meliponíneos. Porém, foram superiores aos encontrados por Aroucha (2012), com uma variação de 0,070 a 0,1% de cinzas. E inferiores aos encontrados por Oliveira e Santos (2011), com teor de cinzas variando de 0,79 a 0,88%.

#### 4.11. Cor

Observa-se, para esta característica, que não houve diferença significativa entre os méis avaliados (Tabela 2). Entretanto, pela escala de Pfund, os méis apresentaram classificação de cor variando do âmbar claro (0,188 a 0,440) ao âmbar escuro (>0,945).

Os méis dos meliponíneos apresentaram variação de cor, do âmbar claro ao âmbar; esses são, em geral, mais claros que os méis de *Apis mellifera* L., sendo a cor dos méis de *Apis mellifera* L. bastante influenciada pela florada que os originou. E neste estudo, o mel de *Apis mellifera* L. apresentou classificação de cor, pela escala Pfund, de âmbar escuro.

A cor do mel é a característica que exerce maior influência sobre a preferência do consumidor, ao escolher o produto, na maioria das vezes, apenas pela aparência. É o que acontece principalmente no mercado internacional, onde os méis mais claros, que atingem preços melhores que os escuros (SOUZA et al., 2009; AROUCHA, 2012).

Em seus trabalhos avaliando méis *Apis mellifera* L. do Rio Grande do Norte, Aroucha (2012) e Tôrres et al. (2013) relatam que a maioria dos méis avaliados apresentaram coloração âmbar claro e âmbar, o que revelou ser uma boa característica para a comercialização com o mercado externo.

Sousa et al. (2013) relatam que em seu trabalho com várias espécies de meliponíneos, as cores dos méis variaram do branco-água ao âmbar escuro, com predominância na tonalidade âmbar claro. Enquanto, Holanda et al. (2012), ao analisarem méis de *Melipona fasciculata*, demonstraram uma grande variedade de cores, predominando o extra âmbar claro e âmbar claro na maior parte das amostras.

#### 4.12. Atividade de água

Verifica-se diferença significativa entre a atividade de água dos méis de meliponíneos e méis de *Apis mellifera* L. (Tabela 2). Como era esperado, os méis de *Apis mellifera* L. apresentaram atividade de água inferior aos méis de meliponíneos.

A elevada atividade de água em méis de meliponíneos favorece o crescimento de microrganismos, principalmente leveduras fermentativas, o que requer um maior cuidado no manuseio e armazenamento do mel, sendo necessária a utilização de técnicas como a refrigeração, desumificação (desidratação) e a pasteurização nos méis dessas abelhas (VENTURIERI, 2008; VILLAS-BÔAS, 2012).

Autores como Aroucha (2012), Lage et al. (2012), Pereira (2010) e Souza et al. (2009) também constataram, a evidenciada, superioridade da atividade de água dos méis de meliponíneos em relação aos méis de *Apis mellifera* L.

Comparando os méis de meliponíneos, verifica-se semelhança na atividade de água para as espécies *Melipona subnitida*, *Melipona mandacaia* e *Frieseomelitta varia*. Por outro lado, essas espécies apresentaram valores estatisticamente inferiores ao mel de *Plebeia* sp.

Uma possível explicação para a maior atividade de água dos méis de *Plebeia* sp. pode está relacionado ao seu baixo teor de açúcares, quando comparado as demais espécies de meliponíneos. Segundo Aroucha (2012), uma alta concentração de açúcares, como a que os méis apresentam, faz com que a atividade de água diminua, já que grande parte das moléculas de água está ligada aos açúcares presentes nos méis.

#### **4.13. Flavonóides totais**

Os méis de *Melipona subnitida*, *Melipona mandacaia*, *Plebeia* sp. e *Frieseomelitta varia*, apresentaram teores de flavonóides bem inferiores aos méis de *Apis mellifera* L. (Tabela 3), representando cerca de 18,8%, 22,1%, 33,6%, 36,6%, respectivamente do teor de flavonóides detectado em méis de *Apis mellifera* L.. Os flavonóides são considerados a maior classe de compostos fenólicos presentes nos vegetais (VIZZOTTO; KROLOW; TEIXEIRA, 2010), sendo sua concentração presente no néctar e consequentemente no mel, influenciada pela origem floral e geográfica, bem como pelas características climáticas da região onde o mel é produzido (LIANDA, 2004).

Duarte (2009) evidenciou, em seu estudo, que os méis produzidos por *Apis mellifera* L. apresentaram maiores teores de flavonóides que os méis produzidos por abelhas nativas do gênero *Melipona*, mas que não superam nesta característica os méis de *Plebeia* sp., contrariando o resultado aqui obtido para essa espécie.

Meda et al. (2005), em seu trabalho com méis de *Apis mellifera* L. da África do Sul, obtiveram uma variação de flavonóides de 0,17 a 8,35 mg de QE/100g. Enquanto, Lianda (2009) detectou uma média de 0,3 mg de QE/100g em méis produzido por essa mesma espécie. Aroucha (2012) encontrou médias de 3,35 a 10,05 mg de QE/100g. Esses resultados estão coerentes com os obtidos neste estudo, para flavonóides.

Da mesma forma, para os méis de meliponíneos, os resultados também estão condizentes com os obtidos por Aroucha (2012), para espécies pertencentes ao gênero *Melipona*.

Tabela 3 – Propriedades antioxidantes de méis de Meliponíneos e *Apis mellifera* L.

	<i>Melipona subnitida</i> (n = 18)	<i>Melipona mandacaia</i> (n = 9)	<i>Plebeia</i> sp. (n = 3)	<i>Frieseomelitta varia</i> (n = 3)	<i>Apis mellifera</i> L. (n = 12)
Flavonóides totais (mg QE/100g)	2,2 ± 0,9 <sup>b</sup> (1,2 – 3,9)	2,9 ± 1,4 <sup>b</sup> (1,0 – 4,0)	4,4 ± 0,2 <sup>b</sup> (4,2 – 4,6)	4,8 ± 0,1 <sup>b</sup> (4,7 – 4,9)	13,1 ± 6,6 <sup>a</sup> (3,6 – 21,6)
Fenólicos totais (mg AG/100g)	88,3 ± 11,1 <sup>b</sup> (73,1 – 109,6)	100,9 ± 37,3 <sup>b</sup> (51,4 – 134,1)	231,6 ± 3,2 <sup>a</sup> (228,2 – 234,4)	197,7 ± 2,4 <sup>a</sup> (195,3 – 200,0)	208,1 ± 87,2 <sup>a</sup> (76,8 – 292,5)
Atividade antioxidante IC <sub>50</sub> (mg/mL)	78,7 ± 25,5 <sup>a</sup> (49,0 – 118,8)	63,1 ± 38,8 <sup>ab</sup> (24,0 – 111,5)	9,5 ± 0,6 <sup>c</sup> (9,1 – 9,9)	18,8 ± 0,4 <sup>bc</sup> (18,5 – 19,1)	37,1 ± 27,3 <sup>bc</sup> (16,0 – 81,9)
Teor de antioxidante Equivalente quercetina (mg/100g)	6,2 ± 2,0 <sup>c</sup> (3,9 – 10,1)	9,1 ± 4,5 <sup>bc</sup> (4,4 – 15,4)	14,5 ± 1,2 <sup>b</sup> (13,6 – 15,3)	24,5 ± 0,5 <sup>a</sup> (24,2 – 24,9)	10,7 ± 4,6 <sup>b</sup> (3,7 – 14,5)
Teor de antioxidante Equivalente ác. Ascórbico (mg/100g)	9,5 ± 3,0 <sup>c</sup> (6,0 – 15,5)	13,9 ± 6,8 <sup>bc</sup> (6,8 – 23,6)	22,2 ± 1,9 <sup>b</sup> (20,9 – 23,5)	37,5 ± 0,8 <sup>a</sup> (37,0 – 38,1)	16,3 ± 7,1 <sup>b</sup> (5,6 – 22,3)

Os valores da tabela são médias ± Erro padrão, os valores mínimo e máximo observados estão entre parênteses. Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### 4.14. Fenólicos totais

Houve diferença significativa no teor de fenólicos dos méis conforme a espécie (Tabela 3). Os teores de fenólicos dos méis de *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia* foram inferiores aos méis de *Apis mellifera* L.; os teores de fenólicos desses méis representaram cerca de 42,4% e 48,5%, respectivamente, do teor de fenólicos encontrado para os méis de *Apis mellifera* L. O mel das espécies *Plebeia* sp. e *Frieseomelitta varia* apresentaram valores de fenólicos estatisticamente semelhantes ao mel de *Apis mellifera* L. E superiores aos méis de *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia*.

O teor de fenólicos do mel de *Plebeia* sp. foi 61,9% e 56,4%, superior ao mel de *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia*, respectivamente. Enquanto o de *Frieseomelitta varia* foi 55,3% e 49%, superior ao mel de *Melipona subnitida* e *Melipona mandacaia*, respectivamente.

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários produzidos pelas plantas, em resposta a estresses causados por fatores ambientais, por insetos e/ou microorganismos, sendo o tipo de substâncias fenólicas e sua concentração no mel dependente da origem floral do néctar da planta visitada pela abelha (KUCUK et al., 2007; KEUTGEN; PAWELZIK, 2007).

Em relação aos méis de meliponíneos as médias encontradas para os méis pertencentes ao gênero *Melipona* foram superiores as encontradas por Aroucha (2012), analisando méis desse mesmo gênero.

Duarte (2009) relata que, ao analisar o conteúdo de fenólicos totais de méis de *Apis mellifera* L., de abelhas do gênero *Melipona* e de *Plebeia* sp., os méis de *Apis mellifera* L. apresentaram maior conteúdo de fenólicos que as abelhas nativas, com exceção dos méis de *Plebeia* sp. que superou todos os méis avaliados.

Os valores encontrados para fenólicos neste trabalho estão coerentes com os relatados na literatura por Bertoldi et al. (2012) que obteve uma variação de 47,91 a 299,3 mg de GAE/100g em méis de *Apis mellifera* L. e superiores aos relatados por Lianda (2009) onde a variação foi de 34 a 78mg de GAE/100g.

#### 4.15. Atividade antioxidante (IC<sub>50</sub>)

Verifica-se diferença estatística entre a atividade antioxidante dos méis de *Melipona subnitida* e méis de *Apis mellifera* L. (Tabela 3). A espécie *Melipona subnitida* apresentou menor atividade antioxidante que o mel de *Apis mellifera* L.

Avaliando os méis de meliponíneos entre si, verifica-se que o mel de *Melipona subnitida* diferiu do mel de *Plebeia* sp. e do mel de *Frieseomelitta varia* e foi semelhante ao mel de *Melipoma mandacaia*. Tendo os méis de *Plebeia* sp. e *Frieseomelitta varia* apresentado melhores resultados para a atividade antioxidante, quando comparado com o mel de *Melipona subnitida* (Tabela 3), pois os mesmos apresentaram melhor percentual de inibição, com média de 9,5 e 18,8%, respectivamente.

A atividade sequestrante do radical livre DPPH foi expressa em termos de IC<sub>50</sub> (Concentração mínima para o antioxidante reduzir 50% da concentração inicial do DPPH). Desta forma, quanto menor o valor do IC<sub>50</sub>, maior é a capacidade antioxidante das substâncias presentes nas amostras (MEDA et al., 2005).

Oliveira et al. (2012) detectou que a atividade antioxidante em méis de *Melipona flavolineata* foi maior do que em méis de *Apis mellifera* L. e *Melipona fasciculata*, e que o mel de *Apis mellifera* L. apresentou maior atividade antioxidante do que os méis de *Melipona fasciculata*. Enquanto Aroucha (2012) verificou que os méis de *Apis mellifera* L. do Rio Grande do Norte apresentaram maior atividade antioxidante do que méis do gênero *Melipona*, semelhante ao que aconteceu neste trabalho para os méis da espécie *Melipona subnitida*.

Duarte (2009) encontrou resultado semelhante a este estudo quando verificou a superioridade da atividade antioxidante dos méis de *Apis mellifera* L. em relação a méis de espécies do gênero *Melipona*, mas diferente deste estudo afirma que os méis de *Plebeia* sp. apresentaram maior atividade antioxidante que os demais méis avaliados.

Méis analisados na África do Sul apresentaram IC<sub>50</sub> variando de 1,63 a 29,13 mg/mL (MEDA et al., 2005). Oliveira et al. (2012) obteve, para méis de *Apis mellifera* L. da Amazônia, valores de IC<sub>50</sub> variando de 8,87 a 41,76 mg/mL e Lianda (2009), em méis

coletados no Rio de Janeiro detectou uma variação de 10,81 a 19,74 mg/mL, em méis silvestres e de 29,85 a 52,64 mg/mL, em méis de laranjeira.

Autores como Meda et al. (2005) e Oliveira et al., (2012) encontraram uma correlação positiva entre a quantidade de fenólicos presentes nos méis e a atividade antioxidante, ou seja, quanto maior for o conteúdo de fenólicos no mel maior será sua atividade antioxidante.

#### **4.16. Teor de Antioxidante**

O conteúdo de antioxidante foi determinado através do equivalente quercetina (EQ) e do equivalente ácido ascórbico (EAA). Para ambas as determinações verificam-se diferenças nos teores de antioxidantes entre méis de meliponíneos e méis de *Apis mellifera* L. (Tabela 3).

Para esta característica verifica-se a superioridade dos méis de *Frieseomelitta varia* em relação aos demais méis observados. Os méis de *Apis mellifera* L. apresentaram resultados semelhantes aos méis de *Plebeia sp.* e *Melipona mandacaia*, e superior ao mel de *Melipona subnitida*, que por sua vez não diferiu dos méis e de *Melipona mandacaia*.

A quercetina é um bom quelante e sequestrador de radical livre, não permitindo a ação das espécies reativas de oxigênio. Já o ácido ascórbico atua como pró-oxidante na presença de metal, gerando espécies reativas de oxigênio, causando uma grande agressão à camada lipídica (FIGUEIREDO et al., 2006); sendo assim, é importante a determinação do equivalente quercetina e do equivalente ácido ascórbico por que são dois compostos que apresentam atividade antioxidante satisfatória.

Os resultados obtidos estão de acordo com os relatados por Meda et al. (2005) que detectaram uma ampla variação no teor de antioxidante, variando de 10,20 a 65,85 mg EAA/100g e de 4,27 a 33,34 mg EQ/100g em méis de *Apis mellifera* L. da África do sul.

## 5. CONCLUSÃO

Os méis de *Apis mellifera* L. e meliponíneos apresentaram diferenças nas características físico-químicas de umidade, acidez livre, hidroximetilfurfural e atividade diastásica.

As diferenças, nas características físico-químicas, entre os méis de meliponíneos e de *Apis mellifera* L. apontam para a necessidade de se desenvolver uma legislação específica para definir um padrão de qualidade para os méis de meliponíneos.

Os méis de *Apis mellifera* L. apresentaram maior teor de flavonóides do que os méis de meliponíneos que não apresentaram diferença entre si para esta característica.

Para os fenólicos não houve diferença entre os méis de *Apis mellifera* L., *Frieseomelitta varia* e *Plebeia* sp., mas estes apresentaram teor superior de fenólicos que os méis de *Melipona mandacaia* e *Melipona subnitida*.

Os méis de *Plebeia* sp., *Frieseomelitta varia* e *Apis mellifera* L. apresentaram maior atividade antioxidante, já os méis de *Melipona subnitida* foi o que apresentou menor atividade antioxidante. Os méis com maiores teores de fenólicos apresentaram maior atividade antioxidante respectivamente.

## 6. 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.**, v. 30, n. 3, p. 706-712, 2010.

AHN, M. R.; KUMAZAWA, S.; USUI, Y.; NAKAMURA, J.; MATSUKA, M.; ZHU, F.; NAKAYAMA, T. Antioxidant activity and constituents of propolis collected various areas of China. **Food Chemistry**, 101, 1383-1392. 2007.

AL, M. L.; DANIEL, D.; MOISE, A.; BOBIS, O.; LASLO, L.; BOGDANOV, S. Physicochemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. **Food Chemistry**, v. 112, p. 863-867, 2009.

ALCAZAR, A.; JURADO, J. M.; PABLOS, F.; GONZALES, G. A.; MARTIN, M. J. HPLC determination of 2-furaldehyde and 5-Hydroxymethyl-2-furaldehyde in alcoholic beverages, **Microchemical Journal**, v. 82, p. 22 – 28, 2006.

AL-MAMARY, M. et al. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. **Nutrition Research**, v. 22, p. 1041-1047, 2002.

ALMEIDA, D. de. Espécies de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e tipificação dos méis por elas produzidos em área de cerrado do município de Pirassununga, Estado de São Paulo. Piracicaba, 2002. 103f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

ALMEIDA-MURADIAN, L. B.; MATSUDA, A. H.; BASTOS, D. H. M. Physico-chemical parameters of Amazon *Melipona* honey. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 707-708, 2007.

ALVES, E. M.; TOLEDO, V. D. A. A. D.; MARCHINI, L. C.; SEREIA, M. J.; MORETI, A. C. D. C. C.; LORENZETTI, E. R.; SANTOS, A. A. Presença de coliformes, bolores e leveduras em amostras de mel orgânico de abelhas africanizadas das ilhas do alto rio Paraná. **Ciência Rural**, v. 39, n. 7, p. 2222-2224, 2009.

ALVES, T. T. L.; MENESES, A. R. V. D.; SILVA, J. N.; PARENTE, G. D. L.; HOLANDA NETO, J. P. D. Caracterização físico-química e avaliação microbiológica de méis de abelhas nativas do nordeste brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 3, 2011.

ANDRADE E SILVA, R. C. P. Apicultura – Mundo, Brasil, Paraná, Curitiba: Secretaria de Estado da Apicultura e do Abastecimento, 2003. 38p.

AROUCHA, E. M. M. Mel de abelha do Rio grande do Norte: qualidade física - química – sensorial – potencial antioxidante. Mossoró, 80p. 2012.

AROUCHA, E. M. M.; OLIVEIRA, A. J. F.; NUNES, G. H. S.; MARACAJÁ, P. B.; SANTOS, M. C. A. Qualidade do mel de abelha produzido pelos incubados da Iagram e Comercializado no município de Mossoró/RN. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 211-217, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL COUNCIL (A.O.A.C.) Official methods of Analysis. 15 th. Supl 2. Ed. 1990.

AZEREDO, L. C. et al. Protein contents and physicochemical properties in Honey samples of *Apis mellifera* of different origins. **Food Chemistry**, London, v. 80, p. 249-254, 2003.

AZEREDO, L. C.; AZEREDO, M. A. A.; BESER, L. B. de O.; COSTA, V. C. S.; SILVA, V. A. G. Características físico-químicas de amostras de méis de melíponas coletadas no Estado de Tocantins. In: Congresso Brasileiro de Apicultura, 2000, Florianópolis SC Anais... Florianópolis SC. 2000. (CD).

BALL, D. W. The chemical composition of honey. *J. Chem. Educ.* v. 4, p. 1643-1646, 2007.

BENDINI, J. N.; SOUZA, D. C. Physicochemical characterization of the bee honey originating in cashew flowering. **Ciência Rural**, v. 38, n. 2, p. 565-567, 2008.

BERTOLDI F. C.; REIS V. D. A. GONZAGA L. V.; CONGRO C. R. Caracterização físico-química e sensorial de amostras de mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidas no pantanal. **Evidência**, v. 7, p. 63-74, 2007.

BERTOLDI, F. C.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; DOS REIS, V. D. A. Avaliação da atividade antioxidante e determinação de compostos fenólicos totais de méis produzidos no Pantanal. **Evidência-Ciência e Biotecnologia-Interdisciplinar**, v. 12, n. 2, p. 155-164, 2012.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Química do processamento dos alimentos**. 3ª ed. São Paulo: Varela, 2001. 144p.

BOGDANOV, S. Nature and Origin of the antibacterial substances in honey. 1997.

BONTEMPO, M. *Mel: uma vida doce e saudável*. São Paulo: Alaúde Editorial. 2008.

BORSATO, D. M. Avaliação de méis com indicação monofloral, comercializados na região dos Campos Gerais – PR. 2008. 84f. *Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)* – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução normativa 11, de 20 de outubro de 2000. **Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel**. Diário Oficial, Brasília, 20 de outubro de 2000, Seção 1, p. 16-17.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 Out. 2013.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S. D.; NOVOA, A. J. V.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Avaliação da atividade antioxidante dos compostos fenólicos naturalmente presentes em subprodutos do

pseudofruto de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 27, n. 4, p. 902-908, 2007.

BRUIJN, M. L. L.; SOMMEIJER, M. J. Colony foraging in different species of stingless bees (apidae: Meliponinae) and the regulation of individual nectar foraging. **Insectes Sociaux**, v. 44, p. 35-47, 1997.

CAMARGO, R. C. R. et al. Avaliação da qualidade do mel de Jandaíra (*Melipona subnitida* DUCKE) produzido em área do Resex do delta do Parnaíba, por meio da análise físico-química. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 16, 2006. Resumo expandido... Aracajú: Confederação Brasileira de Apicultura, 2006.

CAMPOS, G.; DELLA-MODESTA, R. C.; SILVA, T. J. P.; BAPTISTA, K. E.; GOMIDES, M. F.; GODOY, R. L. Classification of honey as floral or honeydew honey. **Food Science and Technology**, v. 23, n. 1, p. 1-5, 2003.

CAMPOS, G.; Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 1998.

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

CARVALHO, C. A. L. de; ALVES, R. M. de O.; SOUZA, B. de A. **Criação de abelhas sem ferrão: aspectos práticos**. Cruz das Almas: Universidade Federal da Bahia/SEAGRI, 2003. 42 p. (Série Meliponicultura - 01).

CHAVES, A. F. A.; GOMES, J. E. H.; DA COSTA, A. J. S. Caracterização físico-química do mel de *Melipona fulva* Lepeletier, 1836 (Himenoptera: Apidae: Meliponinae) utilizada na meliponicultura por comunidades tradicionais do entorno da cidade de Macapá-AP. **Biota Amazônia**, v. 2, n. 1, p. 1-9, 2012.

CHEN, A.; MEHTA, M.; BERENBAUM, A. R.; ZANGERL, N. J. Engeseth Honeys from different floral sources as inhibitors of enzymatic browning in fruit and vegetable homogenates. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 48, p. 4997-5000, 2000.

CODEX ALIMENTARIUS. **Revised codex standard for honey codex stan 12- 1981**, Rev.2 [2001]. 24th session of the Codex Alimentarius in 2001. Disponível em: <http://www.codexalimentarius.net/download/standards/310/CX12.pdf>. Acesso em 15 de dezembro de 2013.

COUTO, R. H. N.; COUTO, L. A. Apicultura: Manejo e Produtos. Jaboticabal: UNESP, 1996. 154p.

CPAMN (Centro de Pesquisa Agropecuária do Meio-Norte). **Rastreabilidade da Cadeia Apícola**. Disponível em: <http://www.cpamn.embrapa.br/apicultura/rastreabilidade.php>. Acesso em: 19 nov. 2013.

CRANE, E. (1992). The past and present beekeeping with stingless bees. *Bee World*, 73, 29-42.

CRANE, E. O mel no passado e no presente, in: O livro do mel. Editora Nobel, São Paulo, Brasil, 1982.

DANTAS, H. K. M. 2003. Análises físico-químicas e sensorial de mel de abelhas *A.mellifera* L. 50 f. *Monografia (Graduação em Zootecnia)* –Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB.

DE JESUS, A. D.; JÚNIOR, O. M. C.; MARTINEZ, B. S.; DA SILVA, A. D. S.; DE OLIVEIRA, A. P. Determinação de parâmetros físico-químicos e da concentração de metais em méis de diferentes regiões brasileiras. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 6, n. 2, 2012.

DENARDI, C. A. S.; NISHIMOTO, E. J.; BALIAN, S. C.; TELLES, E. O. Avaliação da atividade de água e da contaminação por bolores e leveduras em mel comercializado na cidade de São Paulo – SP, Brasil. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v. 64, n. 2, p. 219-222, 2005.

DUARTE, A. W. F. Mel de abelhas nativas e africanizadas do estado de Alagoas: composição química, segurança microbiológica e atividade terapêutica. 2009.

ESTEVINHO, L.; PEREIRA, A. P.; MOREIRA, L.; DIAS, L. G.; PEREIRA, E. Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey..**Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 3774-3779, 2008.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S. D.; BESERRA, E. M. F.; RODRIGUES, M. L. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. **Ciênc. rural**, v. 35, n. 5, p. 1166-1171, 2005.

EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S.; BESERRA, E. M. F. Análise físico-química dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em regiões distintas no Estado da Paraíba. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1166-1171, 2006.

FALLICO, B.; ZAPPALA, M.; ARENA, E.; VERZARA, A. Effects of conditioning on HMF content in unifloral honeys. **Food Chemistry**, v. 85, n. 2, p. 305-313, 2004.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization). Produção de Mel 2012. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em: 13 dez. 2013.

FENNEMA, O. R. Química de los alimentos. 2ed. Zaragoza, Editorial Acribia, 1272p. 2000.

FIGUEIREDO, P. S. F.; OLIVEIRA, R. F.; SILVA, J. G.; ALCANFOR, S. K. B.; ROMEIRO, L. A. S. Avaliação do perfil antioxidante da quercetina e quercetina – Cu (II) e sua relação com logP. In: 29. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**; 2006; Águas de Lindóia: Sociedade Brasileira de Química; 2006.

FILHO, J. P. A.; MACHADO, A. V.; ALVES, F. M. S. et al. Estudo físico-químico de qualidade do mel de abelha comercializado no município de Pombal –PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 6, n. 3, p. 83-90, 2011.

FINCO, F. D. B. A.; MOURA, L. L.; SILVA, I. G. Propriedades físicas e químicas do mel de *Apis mellifera* L. **Ciênc. e Tecnol. de Aliment**, v. 30, n. 3, p. 706-712, 2010.

FINOLA, M.S.; LASAGNO; M.C., MARIOLI J.M. Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1649–1653, 2007.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. microbiologia dos alimentos. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

HOLANDA, C. A.; OLIVEIRA, A. R.; COSTA, M. C. P.; RIBEIRO, M. N. S.; SOUZA, J. L.; ARAÚJO, M. J. A. M. Qualidade dos méis produzidos por *Melipona fasciculata* Smith da região do cerrado maranhense. **Quim. Nova**, v. 35, n. 1, p. 55-58, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Pecuária Estadual. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=rn&tema=pecuaria2012>>. Acesso em: Dez. 2013.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E MEIO AMBIENTE - IDEMA. **Anuário estatístico 2010**. Rio Grande do Norte: Governo do Rio Grande do Norte, 2010. Disponível em: <[http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio\\_economicos/arquivos/Anuario-CDROM%202010/index.htm](http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/arquivos/Anuario-CDROM%202010/index.htm)>. Acesso em: 10 jan. 2014.

KERR, W. E.; CARVALHO, G. A.; NASCIMENTO, V. A. Abelha Uruçu: biologia, manejo e conservação. Belo Horizonte: Acangau, 1996. 144p.

KEUTGEN, A. J.; PAWELZIK, E. Modifications of Strawberry fruit antioxidant pools and fruit quality under NaCl stress. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, p. 4066- 4072, 2007.

KUÇUK, M.; KOLAYLI, S.; KARAOGLU, S.; ULUSOY, E.; BALTACI, C.; CANDAN, F. Biological activities and chemical composition of three honeys of different types from Anatolia. **Food Chemistry**, v. 100, p. 526-534, 2007.

KUSTER, E. B. F. M. 5-hydroximetilfurfural (HMF). A Review Focussing on its manufacture. *Starch – Stärke*. V. 42, Issue8.. p 314-321, 1990.

LAGE, L. G.; COELHO, L. L.; RESENDE, H. C.; TAVARES, M. G.; CAMPOS, L. A.; FERNANDES-SALOMÃO, T. M. Honey physicochemical properties of three species of the brazilian *Melipona*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 3, p. 605-608, 2012.

LANE, J. H.; EYNON, L. Determination of reducing sugars by Fehling's solution with methylene blue indicator, **Norman Rodge, London**, 8p., 1934.

LIANDA, R. L. P. Caracterização de mel de *Apis mellifera* pelo seu perfil em substâncias fenólicas por cromatografia líquida de alta eficiência e avaliação da atividade biológica. 2004. 142p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

LIANDA, R. L. P. Perfil de substâncias fenólicas de méis brasileiros por cromatografia líquida de alta eficiência e avaliação do potencial antioxidante. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 156p. 2009.

LIBERATO, M. D. C. T. C.; MORAIS, S. M. D.; MAGALHÃES, C. E. D. C.; MAGALHÃES, I. L.; CAVALCANTI, D. B.; SILVA, M. M. D. O. Physicochemical properties and mineral and protein content of honey samples from Ceará State, Northeastern Brazil. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 33, n. 1, p. 38-46, 2013.

LOPES, M. F. P. D. Bioatividade do mel: atividade antioxidante, antimicrobiana e composição em ácidos orgânicos. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em Bioquímica. Universidade de Lisboa, Portugal, 99p. 2010.

MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. Análise de agrupamento, com base na composição físico-química, de amostras de méis produzidos por *Apis mellifera* L. no Estado de São Paulo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 8-17, 2005.

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

MARTINS, J. C. P.; TÔRRES, W. D. L.; SERPA, J. D. F.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; PEREIRA, D. S. Caracterização físico-química de méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) comercializado no município de Russas-CE, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 5, p. 96-106, 2013.

MASSAGUER P. R; Microbiologia dos processos alimentares. 1 ed. São Paulo: Varela, 2005. 258p.

McKIBBEN, J.; ENGESETH, N. J. Honey as a protection agent against lipid oxidation in muscle foods. **Journal Agric. Food Chemist**, v. 50, p. 592-595, 2002.

MEDA, A., LAMIEN, C. E., ROMITO, M., MILLOGO, J., & NACOUKMA, O. G. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Faso honey, as well as their radical scavenging activity. **Food Chemistry**, v. 91, p. 571-577, 2005.

MELO, Z. F. N. Características físico-química de méis de abelha (*Apis mellifera* L.) em diferentes condições de armazenamento. 2002. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L. A. G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 44, n. 2, 2008.

MENDONÇA, K.; MARCHINI, L. C.; SOUZA, B. A.; ALMEIDA-ANACLETO, D.; MORETI, A. C. C. C. Caracterização físico-química de amostras de méis produzidas por *Apis mellifera* L. em fragmento de cerrado no município de Itirapina, São Paulo. **Ciência Rural**, v. 38, n. 6, p. 1748-1753, 2008.

MERCOSUL. Regulamento técnico Mercosul “Identidade e Qualidade do Mel”. Resolução GMC N° 15/94. Montevidéu, 1999.

MESQUITA, L. X.; SAKAMOTO, S. M.; MARACAJÁ, P. B.; PEREIRA, D. S.; MEDEIROS, P. V. Q. Análise físico-químicas de amostras de mel e Jandaíra puro (*Melipona subnitida*) e com misturas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 2, n. 2, 2007.

MESQUITA, W. S.; LIBERATO, M. C. T. C.; BRAGA, D. C. Estudo comparativo do teor de Fenóis totais, Flavonóides e Atividade antioxidante de méis de *Melipona subnitida* D. e *Apis mellifera* L. produzidos no Ceará. In: 52° Congresso Brasileiro de Química, 2012, Recife-PE.

MORAES, R. M.; TEIXEIRA, E. W. Análise do mel. 2 ed. Pindamonhangaba: Centro de Apicultura Tropical, IZ/SAA, 1998.

MOREIRA, R. F. A. Glicídios no mel. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 516-525, 2001.

MOREIRA, R. F. A.; DE MARIA, C. A. B. Glicídios no mel. **Química Nova**, v. 24, n. 4, p. 516-525, 2001.

NAFEA, E. A.; MOSELHY, W. A.; FAWZY, A. M. Does the HMF value affect the Antibacterial activity of the Bee Honey. **Egypt. Acad. J. biolog. Sci.**, v. 4, n.1, p. 13-19 2011.

NOGUEIRA-NETO, P. Vida e Criação de Abelhas Indígenas Sem Ferrão. Editora Nogueirapis; São Paulo, Brasil; 446 pp. 1997.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C. Análise físico-química de méis de abelhas africanizadas e nativa. **Rev Inst Adolfo Lutz**, v.70, n. 2, p. 132-8, 2011.

OLIVEIRA, F. L.; DIAS, V. H. P.; COSTA, E. M.; FILGUEIRA, M. A.; SOBRINHO, J. E. Influência das variações climáticas na atividade de vôo das abelhas jandairas *Melipona subnitida* Ducke (Meliponinae). **Revista Ciência Agronômica, Fortaleza**, v. 43, n. 3, p. 598-603, 2012.

OLIVEIRA, K. A. M.; RIBEIRO, L. S.; OLIVEIRA, G. V. Caracterização microbiológica, físico-química e microscópica de mel de abelhas canudo (*Scaptotrigona depilis*) e Jataí (*Tetragonisca angustula*). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. v. 15, n. 3, p. 239-247, 2013.

OLIVEIRA, P. S.; MULLER, R. C. S.; DANTAS, K. G. F.; ALVES, C. N.; VASCONCELOS, M. A. M.; VENTURIERI, G. C. Ácidos fenólicos, Flavonóides e Atividade antioxidante em méis de *melípona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apismellifera* (Apidae, Apini) da Amazônia. **Revista Química Nova**, v. 35, n. 9, p.1728-1732, 2012.

PEREIRA, L. L. Análise físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* e Meliponíneos. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 84p. 2010.

PINHEIRO, M. Produção de Mel. Empraba Meio-Norte. Sistema de Produção 3, ISSN 1678-8818 Versão Eletrônica Jul/2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Mel/SPMel/index.htm>> Acesso em: 4 maio 2013.

PREGNOLATO, W.; PREGNOLATO, N. P. (Coord). Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. In: PREGNOLATO. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. 3.ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. V.1, 533p.

RICHTER, W.; JANSEN, C.; VENZKE, T. S. L.; MENDONÇA, C. R. B.; BORGES, C. D. Avaliação da qualidade físico-química do mel produzido na cidade de Pelotas/RS. **Alim. Nutr.**, v. 22, n. 4, p. 547-553, 2011.

RIO GRANDE DO NORTE (RN-Estado). Secretaria de Estado do Planejamento e das Finanças (SEPLAN). Perfil do Rio Grande do Norte. Natal, 2013. 191 p. Disponível em: <<http://www.seplan.rn.gov.br/arquivos/download/PERFIL%20DO%20RN.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

RODRÍGUEZ, G. O.; FERRER, B. S.; FERRER, A.; RODRÍGUEZ, B. Characterization of honey produced in Venezuela. **Food Chemistry**, v. 84, p. 499–502, 2004.

ROSSI N. F.; MARTINELLI L. A.; LACERDA, T. H. M.; CAMARGO P. B.; VICTÓRIA R. L. Análise da adulteração de méis por açúcares comerciais utilizando-se a composição isotópica de carbono. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, 199-204, 1999.

RUIZ-ARGÜESO, T. and RODRÍGUEZ-NAVARRO, A. Gluconic acid-producing bacteria from honeybees and ripening honeys, *J. Gen. Microbiol.*, v. 76 , p. 211-216, 1973.

RYBAK-CHMIELEWSKA, H.; SZCZÊSNA, T. HPLC study of chemical composition of honeybee (*Apis mellifera* L.) venom. **Journal of Apicultural Science**, v. 42, n. 2, p.103-109, 2004.

SABATIER, S.; AMIOT, M. J.; TACCHINI, M.; AUBERT, S. Identification of flavonoids in sunflower honey. **Journal of Food Science**, v.57, n.3, p.773-774, 1992.

SANTOS D. C.; MOURA NETO L. G.; MARTINS J. N.; SILVA K. F. N. L. Avaliação da qualidade físico-química de amostras de méis comercializadas na Região do Vale do

Jaguaribe-CE. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 4, p. 21-26. 2009.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; MARTINS, J. N. Caracterização físico-química de méis comercializados no município de Aracati-ce. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 5, n. 2, p. 158-162, 2011.

SARAIVA, M. A.; NUNES, G. S.; ROSA, I. G.; SILVA, J. M.; PEIXOTO, C. R.; HOLANDA, C. A. Estado de deterioração dos méis de abelha (*Apis mellifera*) comercializados em São Luís do Maranhão. **Cadernos de Pesquisa**, v. 20, n. 1, 2013.

SCHLABITZ, C.; SILVA, S. A. F.; SOUZA, C. F. V. Avaliação de parâmetros físico-químicos e microbiológicos em mel. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n.1, p. 80-90, 2010.

SERRANO, R. B.; VILLANUEVA, M. T. O.; MARQUINA, A. D. La miel. Edulcorante natural por excelencia. **Alimentaria**, p. 253:25-35, 1994.

SILVA, C. L.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, 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, p. 260-265, 2004.

SILVA, K. F. N. L.; SANTOS, D. C.; SILVA, C. T. S.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, A. O. N. Comportamento reológico do mel de *Apis mellifera* do Município de Tabuleiro do Norte – CE. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 1, p. 52-57, 2010.

SILVA, P. A. M. 2003. Qualidade dos Produtos da Abelha. VII Seminário Nordestino Pecuário – Pec Nordeste.

SILVA, R. A. D.; AQUINO, I. D. S.; RODRIGUES, A. E.; SOUZA, D. L. D. Análise físico-química de amostras de mel de abelhas zamboque (*Frieseomelitta varia*) da região do Seridó do Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 4, 2009.

SILVA, R. A.; AQUINO, I. S.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SOUZA, D. L. Análise físico-química de amostras de mel de abelhas zamboque (*Frieseomelitta varia*) da região do Seridó do Rio Grande do Norte. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, 2009.

SILVA, R. A.; RODRIGUES, L. M. F. M.; LIMA, A.; CAMARGO, R. C. R. Avaliação da qualidade do mel de abelha *Apis mellifera* produzido no município de Picos, Estado do Piauí, Brasil. **Hig Aliment**. v. 20, n. 144, 2006.

SILVEIRA, F. A.; MELO, G. A. R.; ALMEIDA, E. A. B. Abelhas brasileiras, sistemática e identificação. Belo Horizonte, MG: Fernando A. Silveira, 2002. 253 p.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents, American Journal of Enology and Viticulture, v. 16 p. 144–158, 1965.

SOARES, K. M. P.; AROUCHA, E. M. M.; GÓIS, V. A. Qualidade físico-química de méis silvestres comercializados no município de Apodi, RN. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.4, n.1, p. 55-58, 2010.

SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P.; CARVALHO, C. A. L. Caracterização físico-química de amostras de méis de *Apismellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará, **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n 4, p. 1139-1144, 2007.

SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; ZUCCHI, O. L. A. D.; NASCIMENTO FILHO, V. F.; OTSUK, I. P.; MORETI, A. C. C. C. Determination of chemical elements in africanized *Apismellifera* (Hymenoptera: Apidae) honey samples from the State of Piauí, Brazil. **Química Nova**, v. 30, n. 4, p. 920-924, 2007.

SOMMER, P.G.O. Desenvolvimento da apicultura brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA, 12, 1998, Salvador(BA). Anais... 1998. p.173.

SOUSA, J. M. B.; DE SOUZA AQUINO, I.; MAGNANI, M.; DE ALBUQUERQUE, J. R.; DOS SANTOS, G. G.; DE SOUZA, E. L. Aspectos físico-químicos e perfil sensorial de méis de abelhas sem ferrão da região do Seridó, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 4, p. 1765-1774, 2013.

SOUZA, B. A.; MARCHINE, L. C.; ODA-SOUZA, M.; CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O. A. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Química nova**. São Paulo. v. 32, n. 2, p. 303-308, 2009.

SOUZA, C.C. 2003. Caracterização físico-química, química e análise de sabor de méis poliflorais. 135 f. *Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)* – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

SOUZA, D C; BAZLEN, K (1998) Análises preliminares de características físico-químicas de méis de Tiúba (*Meliponacompressipes*). ANAIS do XII Congresso Brasileiro de Apicultura, pg. 267-268.

TAIPINA, M. S.; FONTS, M. A. S.; COHEN, V. H. Alimentos funcionais – nutracêuticos. **Higiene Alimentar**. v. 16, 100, p 28-29, 2002.

TAORMINA, P. J.; NIEMIRA, B. A.; BEUCHAT, L. R.- Inhibitory activity of honey against foodborne pathogens as influenced by the presence of hydrogen peroxide and level of antioxidant Power. **International Journal of Food Microbiology**, v. 69, p. 217-225, 2001.

TÔRRES, W. D. L.; AROUCHA, E. M. M.; MARTINS, J. C. P.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; MARACAJA, P. B. Caracterização físico-química e sensorial de Amostras de mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidas em quatro áreas do município de Apodi/RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 57-66, 2013.

TÔRRES, W. D. L.; AROUCHA, E. M. M.; MARTINS, J. C. P.; OLIVEIRA, F. D. A. D.; MARACAJA, P. B. Caracterização físico-química e sensorial de Amostras de mel de abelhas africanizadas (*Apis mellifera* L.) produzidas em quatro áreas do município de Apodi/RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 57-66, 2013.

TURKMEN, N.; SARI, F.; POYRAZOGLU, E. S.; VELIOGLU, Y. S. Effects of prolonged heating on antioxidant activity and colour of honey. **Food Chem.** v. 95, p. 653–657, 2006.

VARGAS, T. (2006) Avaliação da Qualidade do Mel Produzido na Região dos Campos Gerais do Paraná, Tese de Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Ponta Grossa – Brasil.

VENTURIERI, G. C. Criação de abelhas indígena sem ferrão. 2 ed. Belém-PA. Embrapa Amazônia Oriental, 60p. 2008.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. Características do mel. Vitória: UFES, 2007. p 1-8 ( Boletim Técnico – PIE-UFES: 01107).

VIDAL, R.; FREGOSI, E. V. de. Mel: características, análises físico-químicas, adulterações e transformações. Barretos: Instituto Tecnológico Científico “Roberto Rios”, 1984. 95p.

VILHENA, F.; ALMEIDA-MURADIAN, L. B. Análises físico-químicas de méis de São Paulo. **Mensagem Doce**, São Paulo, n. 53, p. 17-19, 1999.

VILLAS-BÔAS, J. K.; MALASPINA, O. Parâmetros Físico-Químicos Propostos para o Controle De Qualidade do Mel de Abelhas Indígenas Sem Ferrão no Brasil. **Mensagem Doce**, São Paulo, ed. , ano , n.82, p.6-16, 20 de julho de 2005.

VILLAS-BÔAS, J. Manual tecnológico: Mel de abelhas sem ferrão. Brasília-DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 96p. 2012.

VIT, P.; PULCINI, P. Diastase and invertase activities in Meliponini and Trigonini honey from Venezuela. **Journal of Apicultural Research**, v. 35, n. 2, p. 57-62, 1996.

VIT, P; MEDINA, M; ENRIQUEZ, M. E. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. **Bee World** 85(1): 2-5, 2004.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; TEIXEIRA, F. C. Alimentos funcionais: conceitos básicos. **Pelotas: Embrapa Clima Temperado**, 2010.

WHITE JÚNIOR, J. W. Quality evaluation of honey: role of HMF and diastase assays. Part II. *American Bee Journal*, v.132, n.12, p.792-794. 1992.

WHITE JÚNIOR, J. W. The role of HMF and diastase assays in honey quality evaluation. *Bee World*, v. 75, n.3, p. 104-107, 1994.

WHITE, J. W. Jr., SUBERS, M.H., SCHEPARTZ, A.I. (1963) The identification of inhibine, the antibacterial factor in honey, as hydrogen peroxide and its origin in a honey glucoseoxidasesystem, *Biochim. Biophys.Acta*, 73, 57-70.

WHITE, J. W.Jr. (1979) Composición y propiedades de lamiel. In *La Apicultura en los Estados Unidos*, McGregor, S. E., Ed. Limusa: México, 60-62.

WHITE, J.W. Jr. (1978) Honey, *Advances in Food Research*, 24, 287–373.