

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**

**DISSERTAÇÃO DE Mestrado**

**Programa de Pós Graduação em Ecologia de Biomas Tropicais**

**MEL E PÓLEN DE ABELHAS *Apis mellifera* COMO BIOINDICADORES DE  
POLUIÇÃO AMBIENTAL POR METAIS PESADOS**

**ALUNO ORIENTADO: Mácio Sérvulo Magalhães**

**ORIENTADORA: Yasmine Antonini**

**COORIENTADOR: Hermínio Árias Nalini Júnior**

**2010**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## **AGRADECIMENTOS**

À Professora Dra. Yasmine Antonine Itabaiana pela orientação, compreensão e paciência que foram indispensáveis na elaboração deste trabalho.

Ao Professor Dr. Hermínio Árias Nalini Júnior, pela coorientação deste trabalho e disponibilização do Laboratório de Geoquímica do Dep. de Geologia da UFOP, para as análises dos minerais.

À Dra. Esther Margarida Bastos, pela identificação de todo o material botânico e pela dedicação no acompanhamento deste trabalho.

Ao Professor Msc. Aureliano da Escola de Nutrição da UFOP que me ensinou como fazer as digestões ácidas das amostras e disponibilizou o laboratório de bromatologia.

À Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP pela oportunidade deste mestrado.

À Fundação Ezequiel Dias (FUNED), pelo apoio técnico e laboratorial .

Ao REUNI pelo período em que me foi concedida uma bolsa.

Às bolsistas e estagiárias Nathália e Isabela pela dedicação na realização das digestões ácidas das amostras em laboratório.

À Adriana Trópia e Louise Mendes pelo trabalho nas leituras e identificação dos metais pesados no ICP do laboratório de Geoquímica do DEGEO.

À Paula e André que tanto ajudaram com as análises estatísticas deste trabalho.

Ao Milton, Pedro e Rânia da equipe do Laboratório de Recursos Vegetais da Funed pela colaboração no preparo das amostras.

Aos apicultores Antônio Lino, Getúlio Ferreira, Ildeu e José de Calazans, por terem cedido suas colméias e colaborado com as coletas das amostras no campo.

Aos colegas do Mestrado, Chico, Zé Colméia, Terror e Flavinho, que tantas vezes me hospedaram em suas casas e me alegraram em Ouro Preto.

Aos meus filhos Gustavo e Alice que, apesar da tenra idade, compreenderam minhas faltas em momentos tão necessários.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
<b>RESUMO</b> .....	08
<b>ABSTRACT</b> .....	09
<b>1 - INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
<b>2 - MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
2.1 - SELEÇÃO DOS LOCAIS PARA COLETA .....	17
2.2 - COLETA DE AMOSTRAS .....	19
2.1.2 - COLETA DE AMOSTRAS DE MEL .....	19
2.2.2 - COLETA DE AMOSTRAS DE PÃO DE ABELHA .....	21
2.3 - PROCEDIMENTO EM LABORATÓRIO .....	22
2.3.1 - DIGESTÃO ÁCIDA MEL .....	22
2.3.2 - DIGESTÃO ÁCIDA DO PÃO DE ABELHAS .....	23
2.3.3 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS NO ICP .....	23
2.3.4 - IDENTIFICAÇÃO DA ORIGEM BOTÂNICA DO MEL E DO PÃO DE ABELHAS .....	23
2.3.4.1 - ANÁLISE DAS LÂMINAS OBTIDAS DO SEDIMENTO DO MEL E DO PÃO DE ABELHAS .....	24
2.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	24
<b>3 - RESULTADOS</b> .....	24
3.1 – CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS ENCONTRADOS NAS AMOSTRAS DE MEL .....	25
3.1.1 - ALUMÍNIO (Al) .....	25
3.1.2 - BÁRIO (Ba) .....	25
3.1.3 - CÁDMIO (Cd) .....	26
3.1.4 - CROMO (Cr) .....	26

3.1.5 - COBRE (Cu) .....	27
3.1.6 - FERRO (Fe) .....	28
3.1.7 - MANGANÊS (Mn) .....	28
3.1.8 - ESTRÔNCIO (Sr) .....	29
3.1.9 - ZINCO (Zn) .....	29
3.1.10 - ARSÊNIO (As), COBALTO (Co) E CHUMBO (Pb) .....	30
3.2 - CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS ENCONTRADOS NAS AMOSTRAS DE PÃO DE ABELHAS .....	31
3.2.1 - ALUMÍNIO (Al) .....	31
3.2.2 - BÁRIO (Ba) .....	31
3.2.3 - CÁDMIO (Cd) .....	32
3.2.4 - CROMO (Cr) .....	33
3.2.5 - COBRE (Cu) .....	33
3.2.6 - FERRO (Fe) .....	34
3.2.7 - MANGANÊS (Mn) .....	35
3.2.8 - ESTRÔNCIO (Sr) .....	35
3.2.9 - ZINCO (Zn) .....	36
3.2.10 - ARSÊNIO (AR), COBALTO (CO) E CHUMBO (PB) .....	37
3.3 - IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DOS TIPOS POLÍNICOS PRESENTES NAS AMOSTRAS DE MÉIS COLETADAS NOS MUNICÍPIOS DE BETIM, IPATINGA, JANAÚBA E PATROCÍNIO .....	40
3.3.1 - MUNICÍPIO DE BETIM .....	40
3.3.2 - MUNICÍPIO DE IPATINGA .....	40
3.3.3 - MUNICÍPIO DE JANAÚBA .....	41
3.3.4 - MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO .....	41

3.4 - IDENTIFICAÇÃO E CONTAGEM DOS TIPOS POLÍNICOS PRESENTES NAS AMOSTRAS DE PÃO DE ABELHAS COLETADOS NOS MUNICÍPIOS DE BETIM, IPATINGA, JANAÚBA E PATROCÍNIO .....	45
3.4.1 - MUNICÍPIO DE BETIM .....	45
3.4.2 - MUNICÍPIO DE IPATINGA .....	45
3.4.3 - MUNICÍPIO DE JANAÚBA .....	45
3.4.4 - MUNICÍPIO DE PATROCÍNIO .....	46
4 - <b>DISCUSSÃO</b> .....	48
5 - <b>CONCLUSÕES</b> .....	61
6 - <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	63

#### **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 1 – Fontes antropogênicas e naturais de metais pesados nos produtos das abelhas .....	15
FIGURA 2 - Mapa do Estado de Minas Gerais mostrando as regiões estudadas .....	17
FIGURA 3 - Colônias de abelhas situadas na mata seca, Município de Janaúba .....	18
FIGURA 4 - Favo de mel de onde foi retirada amostra para análise e armazenada em pote de plástico devidamente etiquetado .....	20
FIGURA 5 - Favo de onde foram retiradas amostras de pão de abelhas .....	21
FIGURA 6 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Al (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados .....	25
FIGURA 7 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Ba (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados .....	26
FIGURA 8 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cr (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados .....	27

FIGURA 9 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cu (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados .....	27
FIGURA 10 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Fe (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados .....	28
FIGURA 11 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Mn (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados .....	29
FIGURA 12 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Ba (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	32
FIGURA 13 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cr (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	33
FIGURA 14 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cu (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	34
FIGURA 15 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Fe (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	34
FIGURA 16 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Mn (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	35
FIGURA 17 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Sr (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	36
FIGURA 18 - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Zn (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados .....	37
FIGURA 19 - Concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de mel dos quatro municípios estudados.....	39
FIGURA 20 - Concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de pão de Abelhas dos quatro municípios estudados .....	39
FIGURA 21 - Fotomicrografia dos principais tipos polínicos .....	42

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
TABELA 1 - Concentrações de Metais Pesados encontrados em amostras de Mel (mg/kg) coletadas em quatro municípios do Estado de Minas Gerais .....	30
TABELA 2 – Quadro comparativo entre os quatro Municípios estudados, para as concentrações de metais pesados detectados nas amostras de mel segundo Kruskal–Wallis.	30
TABELA 3 - Quadro comparativo entre os Municípios estudados, através do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de mel .....	31
TABELA 4 - Concentrações de Metais Pesados encontrados em amostras de Pão das Abelhas (mgkg) coletadas em quatro municípios do Estado de Minas Gerais .....	37
TABELA 5 - Quadro comparativo entre os quatro municípios estudados, para as concentrações de metais pesados detectados nas amostras de pão das abelhas segundo Kruskal–Wallis .....	38
TABELA 6 - Quadro comparativo entre Municípios estudados, através do teste de Mann -Whitney, para as concentrações de metais pesados encontrados em amostras de pão das abelhas do Estado de Minas Gerais .....	38
TABELA 7 - Comparação entre as concentrações dos metais pesados estudados encontrados no mel e no pão de abelhas através do teste de Mann-Whitney .....	39
TABELA 8 - Tipos polínicos presentes em amostras de mel coletadas nos quatro municípios estudados e seus índices percentuais .....	43
TABELA 9 - Análise comparativa das concentrações de metais pesados presentes nas amostras de mel estudadas em relação à presença ou ausência dos principais tipos polínicos, encontrados (Mann-Whitney) .....	44
TABELA 10 - Correlação de Spearman entre as concentrações de metais pesados e o total de grãos de pólen encontrados nas amostras de mel e no pão das abelhas .....	44
TABELA 11 - Tipos polínicos presentes nas amostras de pão das abelhas coletadas nos quatro municípios estudados e seus índices percentuais .....	47



TABELA 12 - Comparação dos teores de metais pesados encontrados nas amostras de pão das abelhas estudadas e a relação destes com a presença ou ausência dos principais tipos polínicos (Mann- Whitney) ..... 47

## RESUMO

As abelhas e seus produtos, como o mel e o pólen, podem ser utilizados como indicadores de poluição ambiental. Dentre os diversos contaminantes atmosféricos, estão os metais pesados que podem se acumular no mel e no pão de abelhas *Apis mellifera*. Neste trabalho foi avaliada a ocorrência de metais pesados (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr e Zn), em amostras de mel e pão de abelhas provenientes de duas regiões industrializadas e duas agrícolas situadas nos municípios de Betim, Ipatinga, Janaúba e Patrocínio no estado de Minas Gerais. Foram coletadas 56 amostras de mel e 56 de pão de abelhas. As concentrações de metais pesados foram detectadas com a utilização de Espectrofotometria de Emissão Atômica (ICP-OES). A origem botânica foi obtida através de identificação dos grãos de pólen. Os méis estudados apresentaram-se livres de contaminação por metais pesados, segundo os limites estabelecidos pelas legislações vigentes. As concentrações de Al, Ba, Sr e Mn encontradas poderão servir de referências para a elaboração de novas legislações. Os teores de metais pesados encontrados no pão de abelhas foram muito elevados quando comparados aos limites permitidos para outros alimentos e água. O espectro polínico dos méis e pão de abelhas estudados demonstrou que as abelhas visitaram espécies típicas de áreas antropizadas no município de Betim e Ipatinga e espécies típicas de cerrado nos municípios de Janaúba e Patrocínio. Os teores de Ba e Zn apareceram em maiores quantidades em amostras com predominância de grãos de pólen do gênero *Mimosa*. Os teores Cu e Mn relacionaram-se com a presença de grãos de *Eucalyptus* e altos teores de Al e Fe foram encontrados em mel de *Astronium* com contribuição de honeydew. Os municípios estudados apresentam-se livres de contaminação atmosférica por As, Co e Pb. O pão de abelhas foi considerado melhor bioindicador ambiental, por se constituir predominantemente de grãos de pólen e refletir melhor a contaminação ambiental externa no entorno das colméias.

## Abstract

The bee products like honey and pollen can be used as indicators of environmental pollution because they are almost always exposed to air contamination. Among the various contaminants are heavy metals that can accumulate in honey and bee Bread *Apis mellifera*. In this work was evaluate the occurrence of heavy metals (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr e Zn) in samples of honey and “bee bread” from two industrial and two rural zones located in the municipalities of Betim, Ipatinga, Janaúba and Patrocínio in state of Minas Gerais. We collected 56 samples of honey and bee bread. The levels of heavy metals were detected with the use of spectrophotometry Atomic Emission (ICP OES). The botanical origin was also performed through identification of pollen grains. The honeys studied were free of contamination by heavy metals, according to limits established by actual legislation. The contents of Al, Ba, Sr and Mn found can serve as references for the development of new legislation. Levels of heavy metals found in bee bread were very high when compared to the limits permitted for to other foods and water. Pollen spectrum of honey and bee bread studied, showed that bees visited plant species typical of areas disturbed in the city of Betim and Ipatinga and species from savanna in the municipalities of Janaúba and Patrocínio. The contents of Ba and Zn appeared in greater quantities in predominance of pollen grains of the genus *Mimosa*. The Cu and Mn levels were related the presence of grains of *Eucalyptus* and high contents of Al and Fe were found in honey of *Astronium* *whith honeydew contribution*. The cities studied were free of air pollution by As, Co and Pb. The bee bread was considered better environmental bioindicators, because they constitute predominantly in pollen grains and reflect better environmental contamination external surrounding the hives.

## 1 – INTRODUÇÃO

A síndrome da polinização envolvendo abelha e flor (melitofilia), provavelmente teve início há mais de cinquenta milhões de anos. Desde então, as abelhas dependem das flores para a obtenção de alimento, e as plantas recebem como benefício a polinização em uma relação bastante proveitosa (BARTH, 1990). As flores, através da oferta de alimento como néctar e pólen, atraem seus agentes polinizadores e garantem uma polinização eficiente (BARTH, 1998). Assim sendo, as abelhas constituem o principal grupo de agentes polinizadores de plantas nativas e cultivadas (ROUBIK, 1978). A extinção de espécies de abelhas pode levar à interrupção da polinização de muitas plantas e, por consequência, à extinção local de outras espécies que direta ou indiretamente dependiam delas (KEVAN & BAKER, 1983 e ROUBIK, 1978, 1989). Isto faz com que estes organismos tenham uma grande importância nas comunidades bióticas e a sua conservação tem sido considerada um fator importante na preservação de espécies vegetais (ROUBIK, 1978, FRANKIE *et al*, 1990).

Abelhas da espécie *Apis mellifera* foram trazidas da Europa para o Brasil por padres jesuítas (GONÇALVES, 1999) em meados do século IX, iniciando-se assim a criação destas abelhas, a apicultura. Em 1956, as abelhas *Apis mellifera scutellata* (raça africana) foram trazidas ao Brasil com o objetivo de se fazer melhoramentos genéticos e posterior distribuição de rainhas selecionadas aos apicultores, para aumentar a produção nacional de mel (KERR, 1957; ANDERSON *et al.* 1973; GONÇALVES, 1994). Dois anos após a introdução destas abelhas no país, entre 1958 e 1959, foram comparadas as produções das abelhas africanas (*scutellata*), italianas (*lingustica*) e alemãs (*mellifera*), tendo sido constatado que as africanas produziram duas vezes mais que as italianas e quatro vezes mais que as alemãs (KERR, 1957). Embora esses dados fossem animadores, houve um incidente após a introdução da *Apis mellifera scutellata* ocorrendo cruzamentos naturais desta subespécie com as demais já existentes no Brasil, resultando na africanização desta espécie em todo o continente sul americano e posteriormente da América Central e do Norte. Com a liberação dessas abelhas na natureza antes da seleção programada e, face ao desconhecimento do manejo delas, as características

de agressividade se tornaram ainda mais conhecidas, principalmente devido aos acidentes ocorridos e amplamente divulgados em vários países (GONÇALVES, 1999).

Nenhuma sub-espécie de *Abelha mellifera* causou mais impacto no Brasil do que a introdução das abelhas africanas *Apis mellifera scutellata* (KERR, 1957). Embora esse fato tenha ocorrido por volta de 1958, essas abelhas ainda hoje despertam interesse na imprensa, causando polêmica entre os especialistas e aficcionados da apicultura.

Os impactos ecológicos produzidos pela introdução da *Apis mellifera* no Brasil, como, por exemplo, competição com as abelhas nativas por recursos alimentares, locais para nidificação, utilização de recursos para manutenção das colônias, bem como a minimização destes possíveis impactos foram abordados em vários trabalhos, mas como não existiam estudos anteriores à introdução da abelha exótica, as conclusões são escassas (ROUBIK, 1978; PEDRO e CAMARGO, 1991; WILMS, 1996; SIMEÃO, 2005; SOARES, 2003).

Podemos afirmar que a apicultura brasileira, que era incipiente e sem uma posição de destaque no cenário apícola internacional até os anos de 50 a 60, após a introdução daquelas abelhas começou a se destacar pela sua produção, tendo saído da pálida produção anual de cinco mil toneladas de mel na década de 1950 para atingir, na década de 2000, a produção anual em torno de 50 mil toneladas com 350.000 apicultores, estando o Brasil entre os dez maiores produtores mundiais de mel (GONÇALVES, 1999; CBA, 2010).

O mel floral é um produto transformado pelas abelhas, a partir do néctar coletado nas flores. O pólen é o fornecedor natural de proteínas, graxas, vitaminas e sais minerais para as abelhas, sendo a única fonte de alimento nitrogenado disponível para alimentação das larvas. Caso a colméia careça de proteínas, não poderá crescer nem desenvolver-se, podendo a falta de pólen levá-la à extinção (FREITAS, 1991).

O néctar é basicamente um fornecedor de energia para as abelhas e material para ser convertido em graxas e glicogênio (FREITAS, 1991), originando o mel. Esse, uma vez produzido, é armazenado em alvéolos melíferos e, em sua composição, contém néctar e pólen de diferentes espécies vegetais (SANTOS, 1964; BARTH, 1989). A adaptação intrínseca

entre as espécies de plantas nativas e as abelhas é caracterizada pela grande variedade de tipos polínicos encontrados no sedimento dos méis (BARTH, 1990).

O pólen apícola é o resultado da aglutinação do pólen das flores, efetuada pelas abelhas operárias, mediante néctar e suas substâncias salivares (SHIMER, 1986). Após coletado, o pólen é transportado para a colméia pelas abelhas, em suas pernas posteriores, precisamente nas corbículas, podendo ser coletado nas entradas dos ninhos para consumo humano, ou descarregado pelas abelhas nos alvéolos dos favos onde é comprimido pela cabeça das operárias até a obtenção de massa compacta. Essa massa sofre transformações, por ação de microorganismos e de enzimas advindas de secreções mandibulares das abelhas. Ao término das transformações, o pólen apícola armazenado é denominado “pão de abelhas” (FREE, 1967 e DONADIEU, 1979).

O mel de abelhas *Apis mellifera* é um alimento regulamentado pelo Codex Alimentarius, pelo Mercosul e pela legislação brasileira que estabelecem níveis máximos de contaminantes metálicos em função de sua toxicidade e tolerância cumulativa destes no organismo humano (ANONYMOUS/CODEX, 1995, 2002; MERCOSUL, 1994; ANVISA, 1998). O pólen apícola é rico em minerais essenciais à dieta humana e das próprias abelhas em quantidades que podem variar com sua origem botânica ou localização geográfica. Este é considerado alimento para o homem, quando coletado na entrada das colméias e regulamentado pelo Ministério da Agricultura, que não estabelece limites para as concentrações de metais pesados (MAPA, 2001).

Espécies consideradas como bioindicadoras são organismos que nos servem como medida para informar das condições ambientais de um dado local. Estes organismos podem ser de várias espécies animais ou vegetais e, muitas vezes os seus órgãos ou seus produtos é que são utilizados como bioindicadores. O mel e o pão de abelhas, dentre outros produtos apícolas são bons exemplos de bioindicadores. Atualmente, estes são muito utilizados para estudos que envolvem monitoramento de poluição ambiental (CONTI, 2001).

Com o avanço da apicultura, muitos produtores de mel passaram a instalar os apiários em áreas peri-urbanas ou mesmo industriais. Essas regiões vêm passando por processos de degradação de habitats, levando à exposição de organismos a poluentes atmosféricos provenientes de escapamentos de automóveis, de chaminés de fábricas, siderúrgicas, minerações, depósitos de lixo etc. Sendo assim, os méis produzidos em locais poluídos, a partir de flores fornecedoras de néctar e grãos de pólen, estão sujeitos a contaminações por metais pesados provenientes de emissões de gases e particulados (PIRES et al, 2006; DREISTADT et al, 1990).

Metais pesados presentes na atmosfera podem se depositar nos pelos dos corpos das abelhas e serem trazidos para as colméias juntamente com o pólen ou podem ainda ser absorvidos juntamente com o néctar das flores ou trazidos pela água ou melato - mel de excreções de Homóptera (PORRINI et al, 2003).

A composição química de méis provenientes de quaisquer regiões é determinada por diversos fatores, entre eles, pela diversidade de fontes nectaríferas florais visitadas pelas abelhas. Os metais presentes no néctar das flores permanecem nele, inclusive após sua transformação pelas abelhas, em mel. Neste último, os minerais totais estão presentes numa concentração que varia de 0,02% a valores próximos de 1% (POHL, 2009).

Metais pesados, presentes nos produtos apícolas, em níveis acima dos estabelecidos por legislações pertinentes, representam ameaça para os seres humanos em função dos efeitos negativos e cumulativos de tais contaminantes para o organismo. No cenário atual, as pesquisas científicas apontam as características negativas de vários metais pesados sobre a saúde do homem. O Arsênio, por exemplo, aumenta a probabilidade de incidência de diversos tipos de câncer, diabetes, hipertensão e outros eventos cardiovasculares (DESCHAMPS et al, 2007).

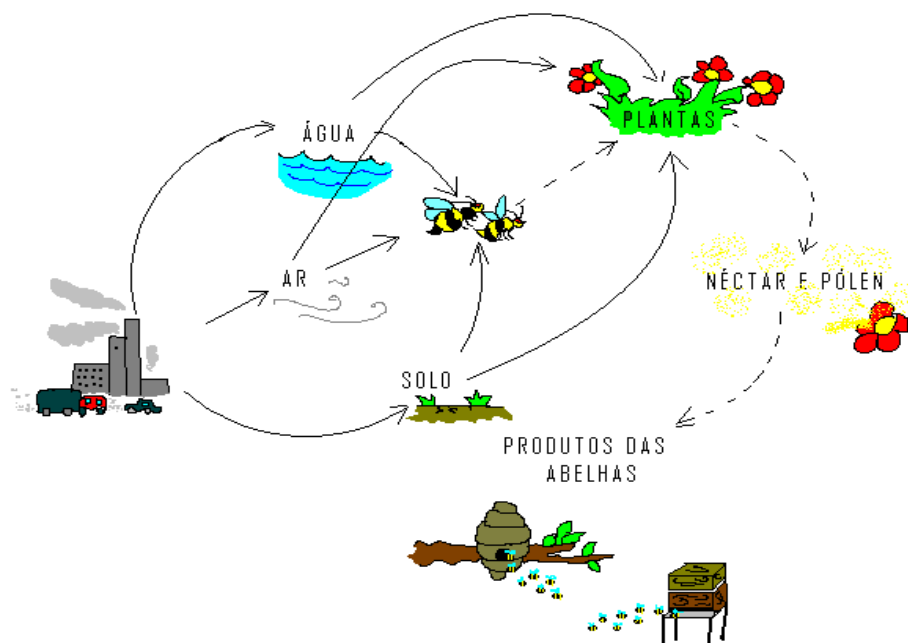
Dentre os metais pesados passíveis de contaminar os produtos da colméia, os principais são: chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), manganês (Mn), níquel (Ni), zinco (Zn), prata (Ag),

ferro (Fe), cádmio (Cd), alumínio (Al), cobalto (Co) e estrôncio (Sr). Os teores de metais pesados e outros minerais encontrados nas amostras podem indicar o nível de poluição ambiental e a origem geográfica do mel (FRANCHINI et al, 2007) .

A diferença fundamental entre os metais pesados e outros poluentes, como os agrotóxicos por exemplo, é a sua forma de introdução e sua relação com o meio ambiente. Os agrotóxicos se dispersam rapidamente tanto em relação ao tempo quanto ao espaço, variando de acordo com o composto químico. Eles são degradados através de vários fatores ambientais durante longos ou curtos períodos de tempo. Os metais pesados, por outro lado, são emitidos continuamente por fontes naturais e antropogênicas, e eles não são degradados, permanecendo nos ciclos físicos e biológicos (PORRINI et al, 2003).

A presença de metais pesados nos produtos das abelhas pode advir da origem geográfica e botânica, bem como dos fatores antropogênicos no entorno das colméias (BOGDANOV, 2007). As abelhas forrageiam num raio de aproximadamente 3 km - incluindo diferentes ambientes, plantas e alimentos. Na procura de néctar, honeydew, pólen e exudatos de plantas dentro de seu raio de ação, as abelhas entram em contato com plantas, água, ar e solo (Figura. 1). Onde existe contaminação ambiental as abelhas também se contaminam e carregam poluentes do entorno para as colméias ou coletam matéria prima contaminada (PORRINI, 2003; POHL, 2009). Neste caminho contaminam os produtos apícolas mudando a sua composição e qualidade.





**Figura 1** - Fontes antropogênicas e naturais de metais pesados nos produtos das abelhas. Fonte: (POHL, 2009).

O mercado do mel movimentava milhões de dólares por ano no Brasil, sendo um fator gerador de emprego e renda. Este produto é amplamente consumido e, apesar de haver fiscalização sobre a origem e qualidade do mel, poucos são os estudos sobre os níveis de contaminação com metais pesados.

O mercado internacional do mel é bastante exigente em sua comercialização com relação à sua qualidade. Dessa forma são necessárias medidas de cunho sanitário para se produzir méis livres de resíduos. A detecção de compostos comprometedores da qualidade, antes não detectados no mel importado pela União Européia, gerou um cuidado ainda maior no controle dos resíduos que podem estar presentes no mel. Estes mercados consumidores vêm demandando produtos e serviços com atributos de qualidade cada vez maiores, estando dispostos inclusive a pagar mais por isso. Além disso, as legislações e normas governamentais vêm evoluindo no sentido do estabelecimento de padrões de qualidade cada vez mais amplos e exigentes visando a obtenção de produtos seguros e com qualidade, através da redução dos riscos microbiológicos, físicos e químicos durante a produção, colheita, extração, transporte, armazenamento e processamento (PEÃO, 2008).

Uma vez que o mel e o pão de abelhas são recursos nutricionais que dependem de fatores bióticos e abióticos nos arredores das colônias das abelhas, a presença de metais pesados pode estar relacionada com a sua origem geográfica e botânica (FREDES et al, 2006).

Vários autores têm indicado que abelhas e seus produtos podem ser usados como indicadores biológicos de poluição no ambiente (FERNÁNDEZ et al, 1994; 2001; BOGDANOV et al, 2003; PORRINI et al, 2003; CELLI et al, 1996; FREDES, 2006).

Estudos sobre contaminação por metais pesados em mel e pão de abelhas são muito escassos no Brasil. Sendo assim este trabalho teve como objetivo geral avaliar a ocorrência de metais pesados em mel e pão de abelhas *Apis mellifera* provenientes de varias regiões do Estado de Minas Gerais, com diferentes níveis de poluição atmosférica, a fim de fornecer subsídios para as agências de vigilância sanitária no que diz respeito aos contaminantes atmosféricos do mel, bem como propor a utilização do mel e pão de abelhas como bioindicadores de poluição ambiental por metais pesados.

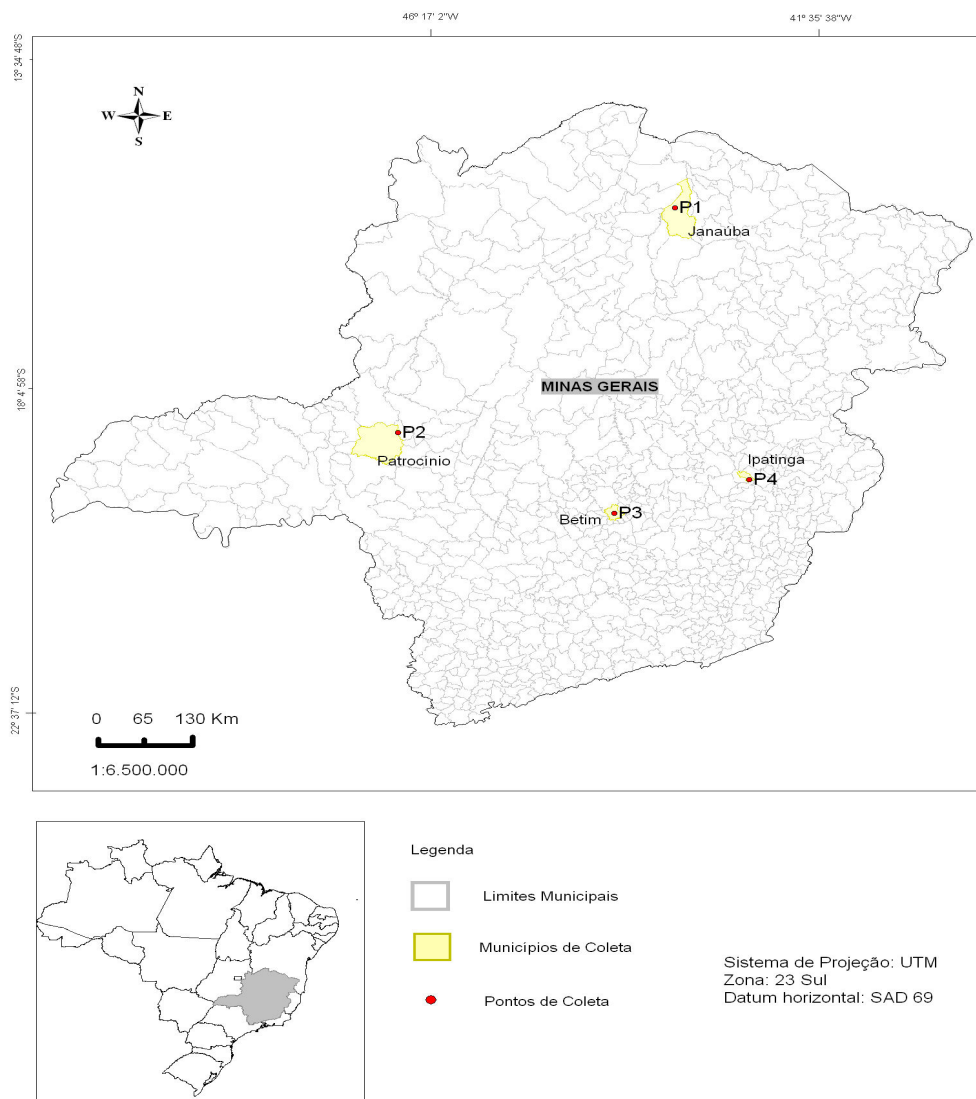
### **1.1 - Objetivos Específicos:**

- Avaliar a ocorrência de metais pesados em mel e pão de abelhas produzidos por *Apis mellifera* em regiões industriais e não industriais.
- Comparar as concentrações de metais pesados encontrados no mel e no pão de abelhas nas regiões estudadas.
- Comparar as concentrações de metais pesados encontrados no mel com os níveis permitidos pela legislação brasileira.
- Identificar a origem botânica do mel e do pão de abelhas

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Seleção dos locais para coleta

Amostras de mel e pólen foram coletadas de colônias localizadas em quatro regiões do Estado de Minas Gerais – região Norte, região Metropolitana de Belo Horizonte, Médio Rio Doce e Alto Paranaíba (Figura 2).



**Figura 2** – Mapa do Estado de Minas Gerais mostrando as regiões estudadas: região Metropolitana de Belo Horizonte, no município de Betim (P3 – UTM 580000 e 7790000); Leste de Minas, município de Ipatinga (P4 – UTM 760000 e 7840000); Norte de Minas, município de Janaúba (P1 – UTM 664733 e 8262789); Alto Paranaíba, município de Patrocínio (P2 – UTM 308031 e 7916348).



**Figura 3** - Colônias de abelhas situadas na mata seca, Município de Janaúba.

Na região metropolitana de Belo Horizonte as colônias se localizavam no município de Betim que se caracteriza pela presença de uma zona industrial predominando indústrias automobilística (FIAT), refinaria de petróleo (REGAP) e várias indústrias satélites além de intensa urbanização com grandes vias de acesso (BR381) por onde correm suas matérias primas e produtos ([www.guiabh.com.br](http://www.guiabh.com.br)). No médio Rio Doce escolheu-se o município de Ipatinga que compõe o chamado Vale do Aço. Essa região é caracterizada por apresentar intensa urbanização e várias indústrias, destacando as siderúrgicas (Usiminas) e de celulose (Cenibra), próximo a rodovias (BR458), e várias avenidas e ruas, com fragmentos de reflorestamento de eucaliptus ([www.ipatinga.mg.gov.br](http://www.ipatinga.mg.gov.br)). No Norte de Minas escolheu-se o município de Janaúba que se caracteriza pela presença de um pólo agrícola, com predominância de fruticultura, produção de sementes e pecuária. No raio de ação das abelhas está a rodovia BR122 e fragmentos de mata seca ([www.bnb.gov.br](http://www.bnb.gov.br)). Na região do Alto Parnaíba, a amostragem foi realizada no município de Patrocínio que tem como principal atividade econômica a agropecuária, com agricultura com grande cultivos de soja e milho e

café, nas quais ocorre pulverização aérea de agrotóxicos. Além disso, a região destaca-se também por ser um pólo cerâmico, e nas proximidades das colônias de abelhas havia a rodovia BR365 ([www.patrocínio.mg.gov.br](http://www.patrocínio.mg.gov.br)).

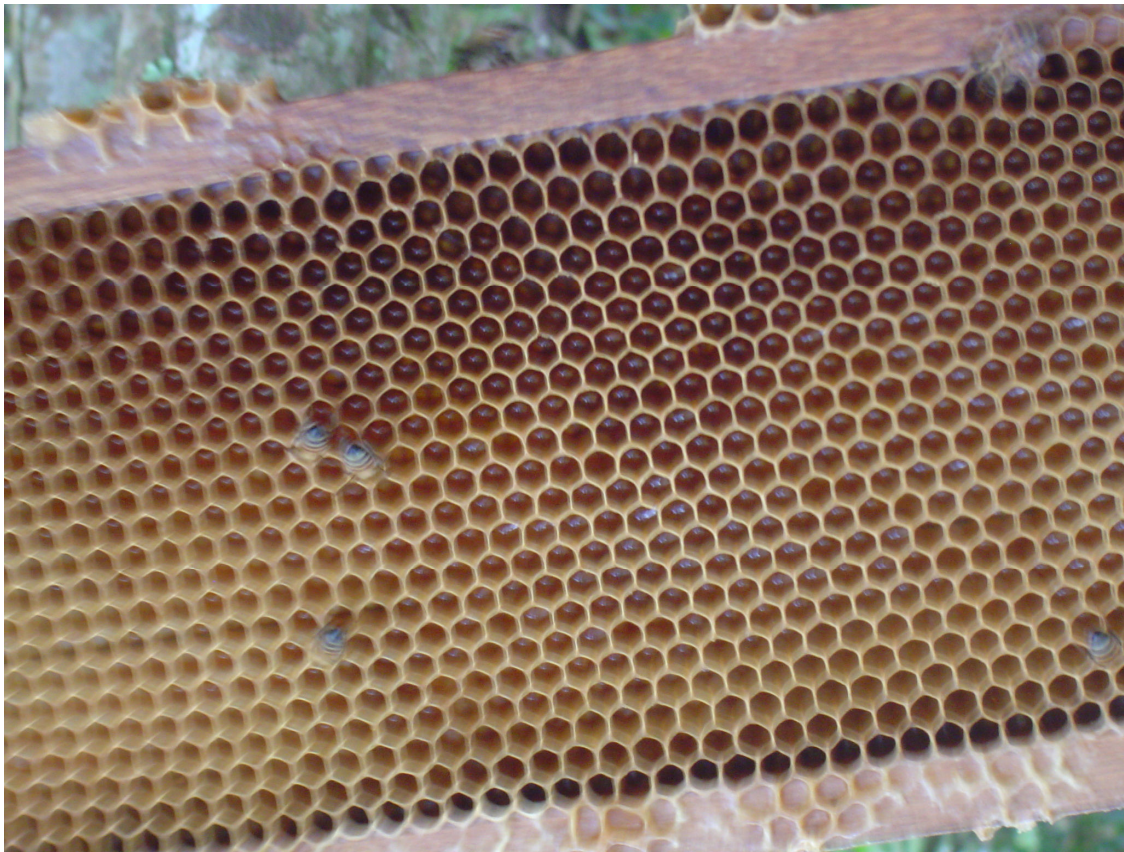
Estas regiões foram escolhidas por apresentarem diferentes níveis de desenvolvimento urbano-agro-industrial, estando mais ou menos susceptíveis a poluição atmosférica e ou ambiental. As colônias de abelhas utilizadas para este experimento estavam nos locais amostrados há pelo menos um ano e estas foram cedidas por apicultores locais (Figura 3).

## **2.2- Coleta de amostras**

Em cada região foram selecionadas quatro colônias de *Apis mellifera*, e em dois eventos de coleta foram retiradas duas amostras de mel (50 gramas aproximadamente) e duas amostras de pão de abelhas por colméia (5 gramas aproximadamente). O intervalo entre um evento e outro foi de aproximadamente três meses, no período de março a agosto de 2009 totalizando 56 amostras de mel e 56 de pão de abelhas.

### **2.2.1 - Coleta de amostras de mel**

As amostras de mel foram obtidas diretamente dos favos (Figura.4), utilizando espátulas e facas de plástico, cada amostra de mel foi colocada em potes plásticos individualizados e estes devidamente etiquetados.



**Figura 4** - Favo de mel de onde foi retirada uma amostra para análise e armazenada em pote de plástico devidamente etiquetado.

### 2.2.2 - Coleta de amostras de pão de abelhas

As amostras de pão de abelhas foram obtidas diretamente de favos onde estes se encontravam depositados (Figura. 5), utilizando espátulas de plástico, cada amostra foi colocada em potes plásticos individualizados e estes devidamente etiquetados.

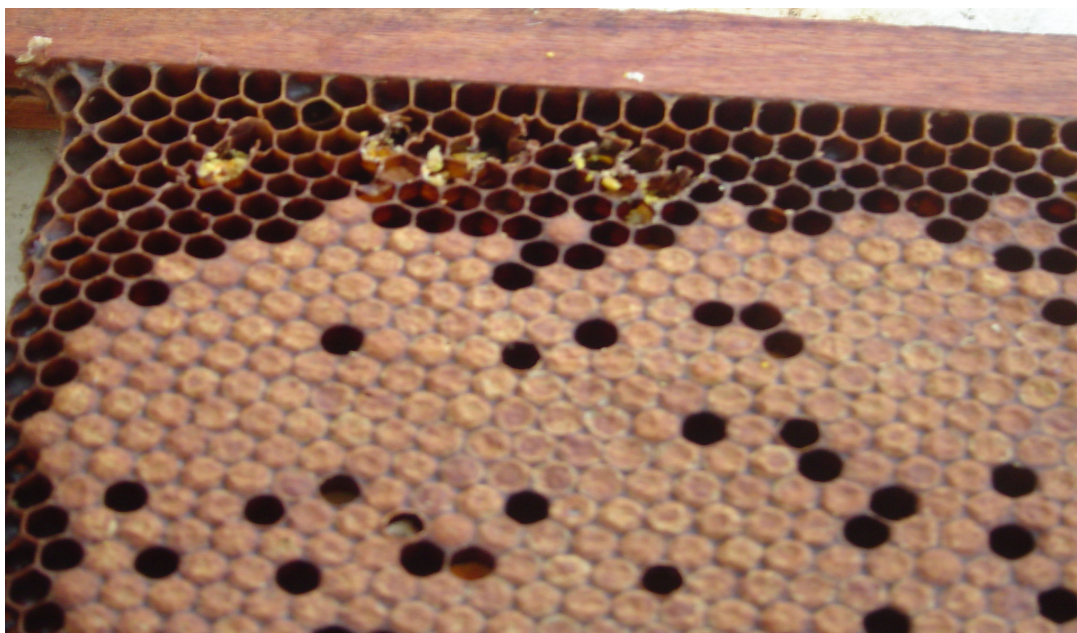


Figura 5 - Favo de onde foram retiradas amostras de pão de abelhas

## **2.3 - Procedimento em laboratório**

### **2.3.1 - Digestão Acida do mel**

Para a remoção dos minerais presentes na vidraria utilizada, esta foi lavada e submetida a três enxágües: água corrente de torneira, água destilada e água deionizada. Em seguida a vidraria foi colocada em solução de HNO<sub>3</sub> a 2,5% por 24 horas e logo após este período, colocada para secar em estufa a 50 graus centígrados.

As amostras foram digeridas em ácido nítrico da seguinte forma: 0,4 g de cada amostra de mel foi pesada em tubo de digestão, a estes adicionados 4 ml de HNO<sub>3</sub> a 75 % e deixados em repouso por 30 minutos em temperatura ambiente. Após este período as amostras foram aquecidas lentamente em bloco digestor com exaustão de gases, até que não houvesse mais a formação de espuma. A temperatura foi aumentada até a fervura e o ligeiro desprendimento de gases marrom avermelhado, significando a queima e liberação da matéria orgânica. Após esta etapa o aquecimento foi suspenso e os tubos deixados para esfriar em temperatura ambiente.

Foi adicionado 1 ml de ácido perclórico e os tubos submetidos a novo aquecimento até o clareamento da solução e o término do desprendimento de vapor de coloração marrom. Após o resfriamento, em temperatura ambiente, as amostras digeridas foram transferidas para balões volumétricos de 25 ml e os volumes completados com água deionizada. Todas as amostras foram digeridas em duplicata e dois controles (brancos) foram feitos por digestão (INST. ADOLFO LUTZ, 2005). Estas soluções foram vertidas em frascos PET de 30 ml e lacrados para leituras posteriores no ICP.



### **2.3.2 - Digestão Ácida do pão de abelhas**

O procedimento para a digestão ácida do pão de abelhas foi exatamente o mesmo feito para o mel, com a diferença de que no momento de verter as soluções dos tubos para os balões volumétricos, utilizamos papel de filtro para reter a cera que não foi digerida pelos ácidos.

### **2.3.3 – Análises das amostras no ICP**

Para quantificação química dos metais pesados (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn) presentes nas amostras de mel e pão de abelhas, foi utilizada a técnica de Espectrofotometria de Emissão Atômica com Plasma indutivamente acoplado (ICP – OES).

Para a validação foram realizados testes de limites de detecção (LD), quantificação (LQ) e linearidade. Bem como estudo de recuperação após adição de padrão em várias faixas de concentração para cada material analisado.

### **2.3.4 - Identificação da origem botânica do mel e do pão das abelhas**

A fim de se conhecer a origem botânica do mel utilizado nas análises pesou-se 10g de mel bem homogêneo, dissolveu-se em 20ml de água destilada e centrifugou-se durante 3 a 5 minutos a 2.500 rpm. Depois de decantado, o sedimento foi acetolizado segundo Erdtman, G, 1960. Após nova centrifugação o sedimento foi ressuspenso em 5ml de uma mistura em partes iguais de água destilada e glicerina, sendo centrifugado, decantado e montado sobre lâminas de microscopia com gelatina glicerinada vedando-se com parafina (BARTH, 1970a,b,c).

Para as amostras de pão de abelhas pesou-se cerca de 0,2g do pão de abelhas retirado dos alvéolos, estes foram homogêneos, dissolvidos em 15ml de água destilada e centrifugados durante 3 a 5 minutos a 2500 rpm. Após a centrifugação repetiu-se os mesmos procedimentos para obtenção das amostras a partir do mel. As lâminas contendo os grãos de

pólen foram submetidas a análise qualitativa e quantitativa, para caracterização dos tipos polínicos e estabelecimento de frequência numérica destes.

#### **2.3.4.1 - Análise das lâminas obtidas do sedimento do mel e do pão das abelhas**

**Análise qualitativa** - Através dessa análise foram determinadas as espécies botânicas (ou tipos polínicos), levando-se em consideração aspectos morfológicos dos grãos de pólen quando comparados com o laminário de referência e banco de imagens da Fundação Ezequiel Dias.

**Análise quantitativa** - Foi efetuada através da contagem de 500 a 2000 grãos de pólen por amostra e agrupados por espécies botânicas e/ou tipos polínicos. Essa contagem é caracterizada por agrupar os grãos de pólen do mel em quatro classes de frequência, sejam: pólen dominante com presença em mais de 45% do total de grãos, pólen acessório em 15 a 45%, pólen isolado entre 3 e 15% e pólen isolado ocasional em menos de 3% (BARTH, 1970a,b,c).

#### **2.4 - Análise Estatística**

Para avaliar se as variáveis quantitativas (teor de metais pesados e número de grãos de pólen presentes nas amostras de mel e pão de abelhas) apresentavam distribuição normal utilizou-se o teste de Anderson Darling. Para avaliar diferenças das medianas das variáveis quantitativas (teor de metal pesado) entre os locais de amostragem e espécies de plantas foram utilizados os testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. Correlação de Spearman foi utilizada para relação entre teor de metais pesados e número total de grãos de pólen presentes nas amostras. Todas as análises estatísticas foram realizadas baseado em Zar (1999).

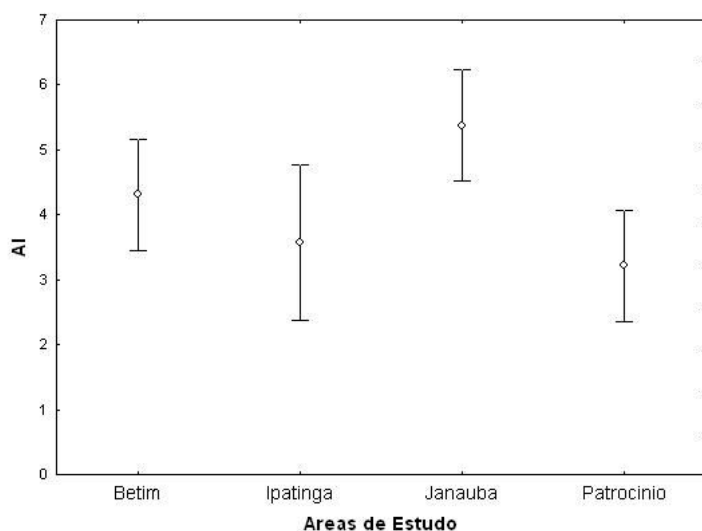
### **3 – RESULTADOS**

Os metais pesados (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Sr, Zn) foram estudados neste trabalho devido à sua importância enquanto contaminantes ambientais.

### 3.1 – Concentrações de Metais Pesados encontrados nas amostras de Mel

#### 3.1.1 – Alumínio (Al)

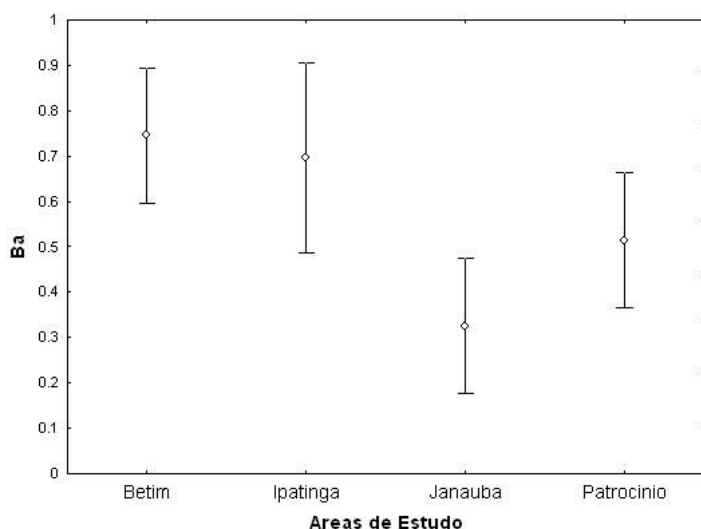
As concentrações de alumínio encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estudados estão descritas na Tabela 1 e Figura 6. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=9,2$ ,  $p=0,02$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela3) mostram diferenças significativas apenas entre os municípios de Betim e Patrocínio ( $u=357$ ,  $p=0,03$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=298$ ,  $p=0,04$ ).



**Figura 6** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Al (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados.

#### 3.1.2 – Bário (Ba)

As concentrações de Bário encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estão descritas na Tabela 1, Figura 7. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=26,4$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela3) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Janaúba ( $u=150$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Janaúba ( $q=150$ ,  $p=0,02$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=217$ ,  $p=0,00$ ).



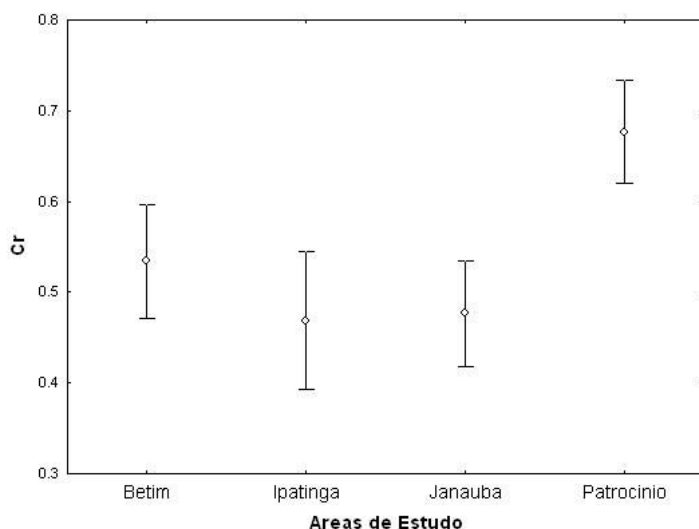
**Figura 7** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Ba (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados.

### 3.1.3 – Cádmió(Cd)

As concentrações de Cádmió encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estudados apresentaram valores médios entre 0,38 e 0,44 mg/kg, sendo que o menor valor (0,38 mg/kg) foi encontrado para o município de Janaúba e o maior valor (0,44 mg/kg) foi encontrado para o Município de Betim (Tab.1). Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tab.2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=8,67$ ,  $p=0,03$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tab.3) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Janaúba ( $u=166$ ,  $p=0,00$ ).

### 3.1.4 – Cromo (Cr)

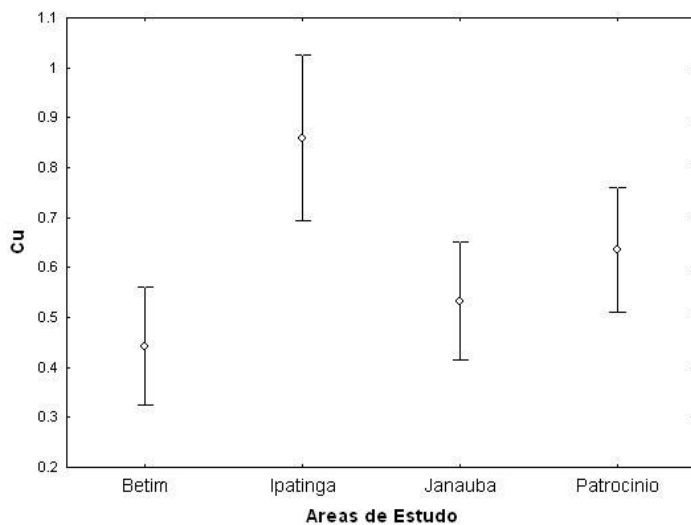
As concentrações de Cromo encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estão descritos na Tabela 1, Figura 8. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=21,73$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela3) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Patrocínio ( $u=106$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Patrocínio ( $u=46$ ,  $p=0,00$ ), Janaúba e Patrocínio ( $u=71$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 8** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cr (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados.

### 3.1.5 – Cobre (Cu)

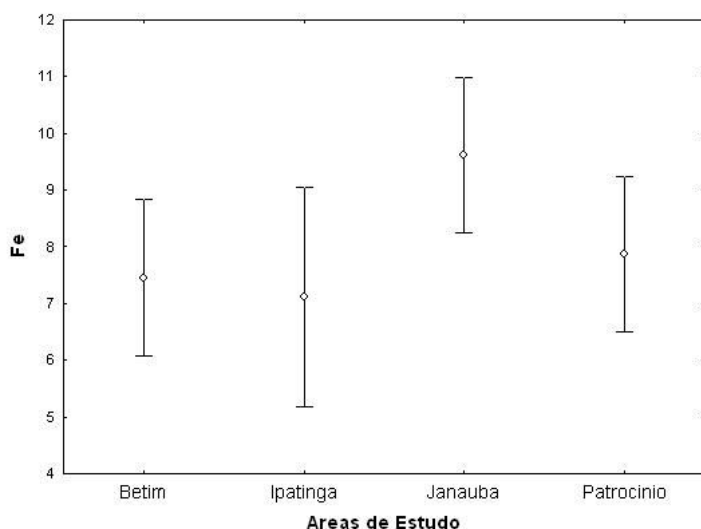
As concentrações de Cobre encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estão descritos na Tabela 1, Figura 9. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=19,31$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela3) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=27$ ,  $p=0,00$ ) e Ipatinga e Janaúba ( $u=63$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 9** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cu (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados.

### 3.1.6 – Ferro (Fe)

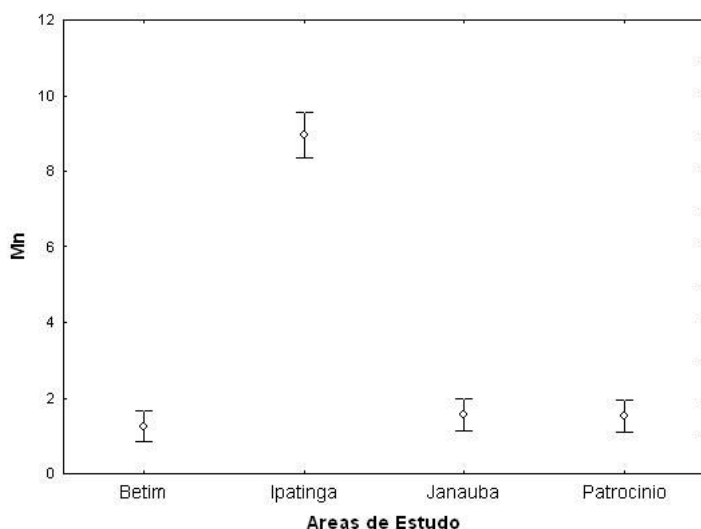
As concentrações de Ferro encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estão descritas na Tabela 1, Figura 10. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=10,98$ ,  $p=0,01$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela3) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Janaúba ( $u=293$ ,  $p=0,00$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=316$ ,  $p=0,01$ ).



**Figura 10** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Fe (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados.

### 3.1.7 – Manganês (Mn)

As concentrações de Manganês encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estão descritas na Tabela 1 e Figura 11. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=42,36$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 3) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Janaúba ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Patrocínio ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 11** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Mn (mg/kg) no mel para os quatro Municípios estudados.

### 3.1.8 – Estrôncio (Sr)

As concentrações de Estrôncio encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estudados apresentaram valores médios entre 0,40 e 0,46 mg/kg, sendo que o menor valor (0,40 mg/kg) foi encontrado para o município de Janaúba e o maior valor (0,46mg/kg) foi encontrado para o município de Patrocínio (Tabela1). Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 2) mostram que não houve diferença significativa entre os municípios estudados ( $q=2,48$ ,  $p=0,48$ ).

### 3.1.9 – Zinco (Zn)

As concentrações de Zinco encontradas nas amostras de mel coletadas nos quatro municípios estudados apresentaram valores médios entre 1,98 e 3,35 mg/kg, sendo que o menor valor (1,98 mg/kg) foi encontrado para o município de Betim e o maior valor (3,35 mg/kg) foi encontrado para o município de Janaúba (Tab. 1). Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tab. 2) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=7,79$ ,  $p=0,05$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tab.3) mostram diferenças

significativas apenas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=130,5$ ,  $p=0,01$ ) e Ipatinga e Janaúba ( $u=128$ ,  $p=0,01$ ).

### 3.1.10 – Arsênio (As), Cobalto (Co) e Chumbo (Pb)

Os metais pesados arsênio (As) e cobalto (Co), embora tenham aparecido em algumas amostras de mel, sua presença foi detectada em teores abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Não foi detectada a presença de chumbo (Pb) nas amostras de mel analisadas.

**Tabela 1** - Concentrações de Metais Pesados encontrados em amostras de Mel (mg/kg) coletadas em quatro municípios do Estado de Minas Gerais.

Município	Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe Mg/kg	Mn mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg
	Media±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp
<b>Betim</b>	4,31 ± 1,77	0,75 ± 0,61	0,44 ± 0,08	0,53 ± 0,15	0,44 ± 0,13	7,46 ± 3,93	1,25 ± 0,64	0,45 ± 0,14	1,98 ± 0,59
N	32	32	27	19	32	32	32	32	32
<b>Ipatinga</b>	3,57 ± 0,64	0,70 ± 0,58	0,42 ± 0,11	0,47 ± 0,12	0,86 ± 0,28	7,11 ± 1,25	8,96 ± 2,42	0,43 ± 0,06	3,04 ± 1,29
N	16	16	10	13	16	16	16	16	16
<b>Janaúba</b>	5,37 ± 3,65	0,33 ± 0,22	0,38 ± 0,09	0,48 ± 0,09	0,53 ± 0,43	9,61 ± 4,09	1,57 ± 1,17	0,40 ± 0,20	3,35 ± 5,46
N	32	32	25	22	32	32	32	32	32
<b>Patrocínio</b>	3,21 ± 1,97	0,51 ± 0,20	0,39 ± 0,13	0,68 ± 0,16	0,64 ± 0,40	7,88 ± 4,53	1,53 ± 0,63	0,46 ± 0,24	3,22 ± 2,94
N	32	32	25	23	28	32	32	32	32

**Tabela 2** - Quadro comparativo entre os quatro Municípios\* estudados, para as concentrações de metais pesados detectados nas amostras de mel segundo Kruskal – Wallis.

	Al - mg/kg	Ba - mg/kg	Cd - mg/kg	Cr - mg/kg	Cu - mg/kg	Fe - mg/kg	Mn - mg/kg	Sr - mg/kg	Zn - mg/kg
<b>q</b>	9,213	26,450	8,669	21,734	19,310	10,978	42,364	2,479	7,794
<b>p-valor **</b>	0,027	0,000	0,034	0,000	0,000	0,012	0,000	NS	0,050

\* Municípios estudados: Betim, Ipatinga, Janaúba e Patrocínio ,

\*\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .



**Tabela 3** - Quadro comparativo entre os Municípios estudados, através do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de mel.

Municípios		Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
Betim x Ipatinga	<b>u</b>	223,000	199,000	117,000	93,500	27,000	186,000	0,000	130,500
	<b>P-valor*</b>	NS	NS	NS	NS	0,000	NS	0,000	0,006
Betim x Janaúba	<b>u</b>	448,000	150,000	166,000	152,500	485,000	293,000	463,000	433,000
	<b>P-valor</b>	NS	0,000	0,002	NS	NS	0,003	NS	NS
Betim x Patrocínio	<b>u</b>	357,000	413,000	245,000	106,000	405,000	502,000	395,500	508,500
	<b>P-valor</b>	0,037	NS	NS	0,004	NS	NS	NS	NS
Ipatinga x Janaúba	<b>u</b>	184,500	150,500	89,000	136,000	63,000	189,000	0,000	128,000
	<b>P-valor</b>	NS	0,021	NS	NS	0,000	NS	0,000	0,005
Ipatinga x Patrocínio	<b>u</b>	220,000	255,000	106,500	46,000	154,000	222,000	0,000	196,500
	<b>P-valor</b>	NS	NS	NS	0,001	NS	NS	0,000	NS
Janaúba x Patrocínio	<b>u</b>	298,000	217,000	288,000	71,000	419,000	316,000	467,000	465,000
	<b>P-valor</b>	0,004	0,000	NS	0,000	NS	0,008	NS	NS

\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .

### 3.2 - Concentrações de Metais Pesados encontrados nas amostras de Pão de Abelhas

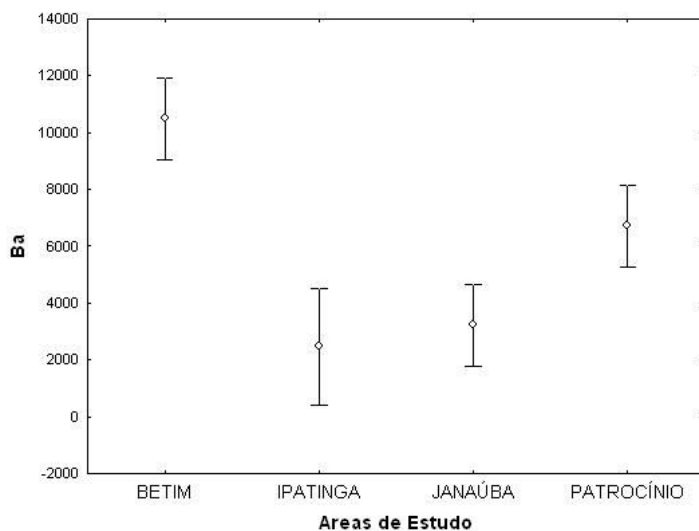
#### 3.2.1 – Alumínio (Al)

As concentrações de alumínio encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados apresentaram valores médios entre 66,88 e 99,20 mg/kg, sendo que o menor valor (66,88 mg/kg) foi encontrado para o município de Ipatinga e o maior valor (99,20 mg/kg) foi encontrado para o município de Patrocínio (Tabela 4). Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5), mostram que não houve diferença significativa entre os municípios estudados ( $q=1,33$ ,  $p=0,72$ ).

#### 3.2.2 – Bário (Ba)

As concentrações de Bário encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estão descritos na Tabela 4 e Figura 12. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios

( $q=63,58$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ), Betim e Janaúba ( $u=164,0$ ,  $p=0,01$ ) Betim e Patrocínio ( $u=254,0$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Patrocínio ( $u=85,0$ ,  $p=0,00$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=154,0$ ,  $p=0,00$ ).



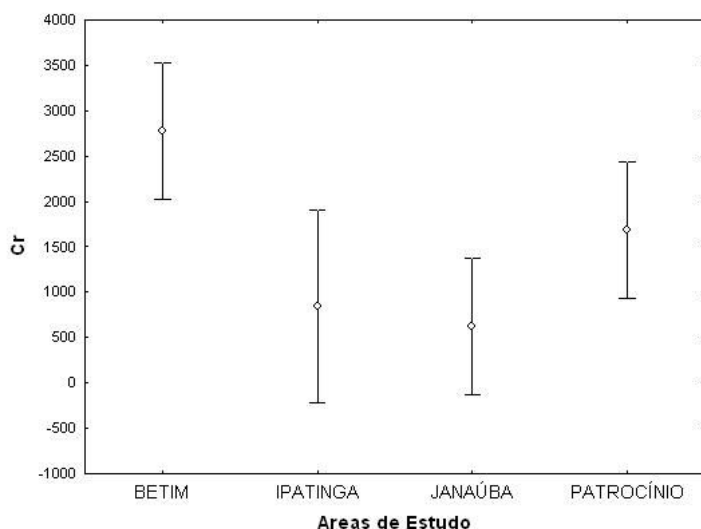
**Figura 12** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Ba (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.3 – Cádmiom(Cd)

As concentrações de Cádmiom encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados apresentaram valores médios entre 0,39 e 1,20 mg/kg, sendo que o menor valor (0,39 mg/kg) foi encontrado para o município de Janaúba e o maior valor (1,20 mg/kg) foi encontrado para o município de Betim (Tab.4). Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tab. 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=15,034$ ,  $p=0,02$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tab.6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Janaúba ( $u=164,0$ ,  $p=0,01$ ), Betim e Patrocínio ( $u=134,5$ ,  $p=0,00$ ) e Ipatinga e Patrocínio ( $u=94,4$ ,  $p=0,02$ ).

### 3.2.4 – Cromo (Cr)

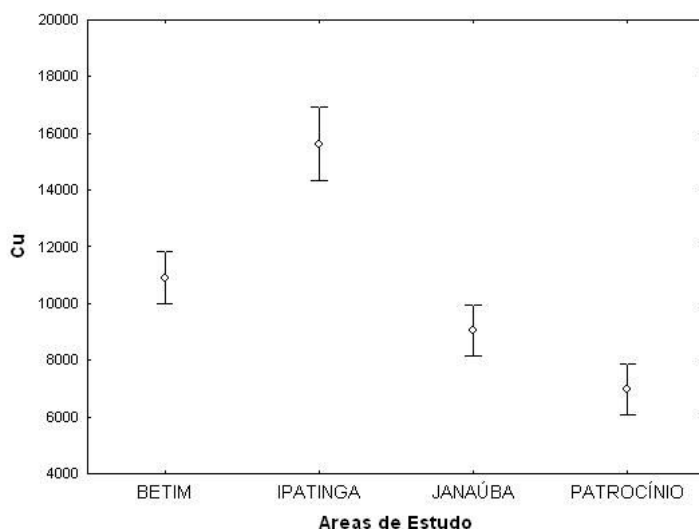
As concentrações de Cromo encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estão descritas na Tabela 4, Figura 13. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=34,15$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=53,0$ ,  $p=0,00$ ) Betim e Janaúba ( $u=76,0$ ,  $p=0,01$ ), Ipatinga e Janaúba ( $u=159$ ,  $p=0,03$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=301$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 13** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cr (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.5 – Cobre (Cu)

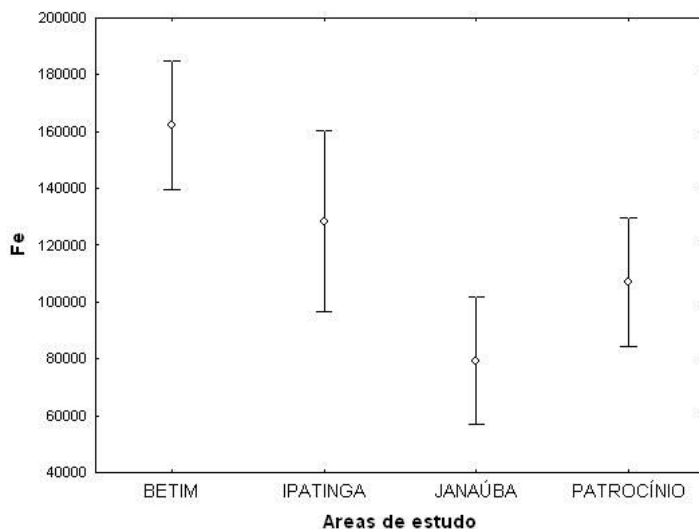
As concentrações de Cobre encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados estão descritas na Tabela 4, Figura 14. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=58,67$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=54,0$ ,  $p=0,00$ ) Betim e Patrocínio ( $u=143,0$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Janaúba ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Patrocínio ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=196,0$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 14** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Cu (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.6 – Ferro (Fe)

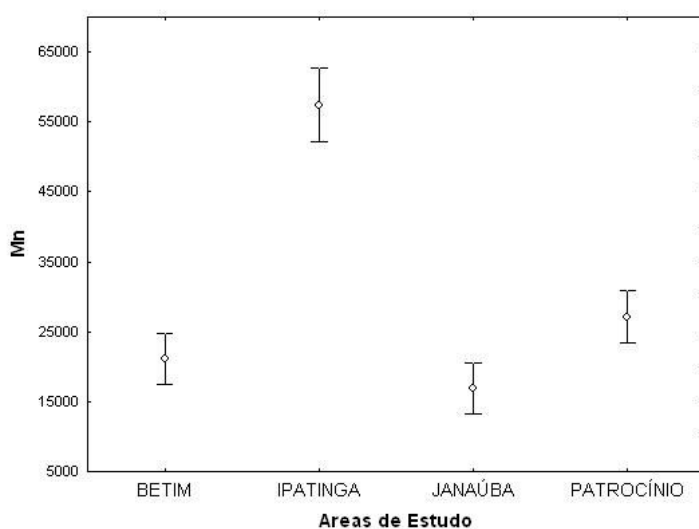
As concentrações de Ferro encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados estão descritas na Tabela 4, Figura 15. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=23,38$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Janaúba ( $u=151,0$ ,  $p=0,00$ ) Betim e Patrocínio ( $u=308,0$ ,  $p=0,01$ ) e Ipatinga e Janaúba ( $u=115,0$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 15** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Fe (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.7 – Manganês (Mn)

As concentrações de Manganês encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados estão descritas na Tabela 4, Figura 16. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=46,54$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ), Betim e Janaúba ( $u=296,0$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Janaúba ( $u=0,00$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Patrocínio ( $u=47,0$ ,  $p=0,00$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=280,0$ ,  $p=0,00$ ).

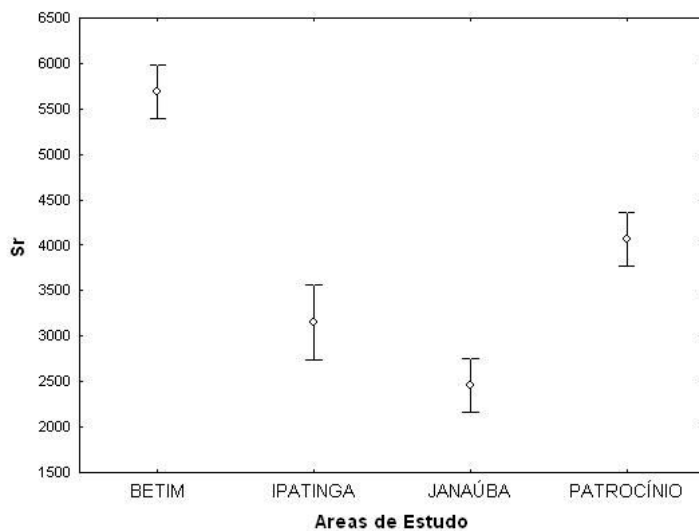


**Figura 16** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Mn (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.8 – Estrôncio (Sr)

As concentrações de Estrôncio encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados estão descritas na Tabela 4, Figura 17. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=76,31$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=11,0$ ,  $p=0,00$ ), Betim e Janaúba ( $u=8,0$ ,  $p=0,00$ ) Betim e Patrocínio ( $u=116,0$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Janaúba

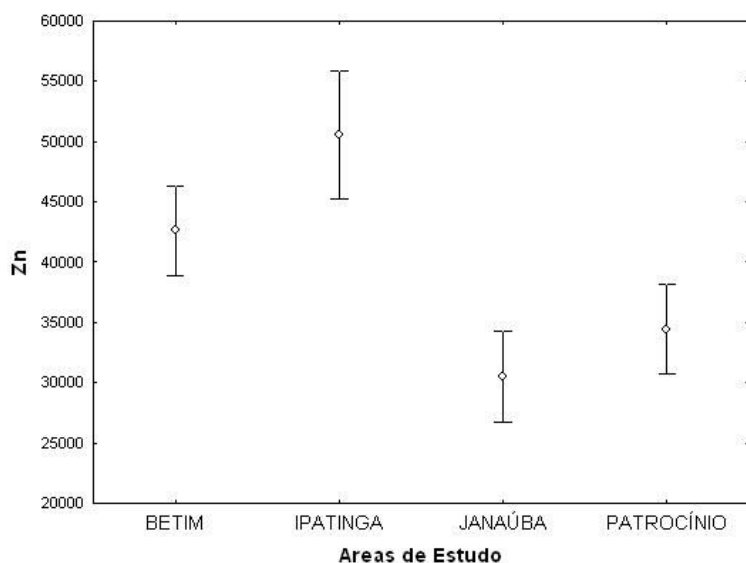
( $u=92,5$ ,  $p=0,00$ ), Ipatinga e Patrocínio ( $u=105,0$ ,  $p=0,00$ ) e Janaúba e Patrocínio ( $u=115$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 17** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Sr (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.9 – Zinco (Zn)

As concentrações de Zinco encontradas nas amostras de pão de abelhas coletadas nos quatro municípios estudados estão descritas na Tabela 4, Figura 18. Os valores médios encontrados através do teste de Kruskal Wallis (Tabela 5) foram significativamente diferentes entre os municípios ( $q=35,59$ ,  $p=0,00$ ). Os resultados do teste de Mann Whitney (Tabela 6) mostram diferenças significativas entre os municípios de Betim e Ipatinga ( $u=148,0$ ,  $p=0,02$ ), Betim e Janaúba ( $u=214,0$ ,  $p=0,00$ ) Betim e Patrocínio ( $u=344,0$ ,  $p=0,02$ ), Ipatinga e Janaúba ( $u=9,0$ ,  $p=0,00$ ) e Ipatinga e Patrocínio ( $u=66,0$ ,  $p=0,00$ ).



**Figura 18** - Valores médios e desvio padrão para a concentração de Zn (mg/kg) no pão de abelhas para os quatro Municípios estudados.

### 3.2.10 – Arsênio (As), Cobalto (Co) e Chumbo (Pb)

Os metais pesados arsênio (As) e cobalto (Co), embora tenham aparecido em algumas amostras de pão das abelhas, sua presença foi detectada em teores abaixo do Limite de Quantificação (LQ). Não foi detectada a presença de chumbo (Pb) nas amostras de pão de abelhas analisadas.

**Tabela 4** – Concentrações de Metais Pesados encontrados em amostras de Pão das Abelhas (mg/kg) coletadas em quatro municípios do Estado de Minas Gerais.

Município	Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe Mg/kg	Mn mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg
	Media±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp	média±dp
<b>Betim</b>	81,33±44,94	10,49±3,80	1,20±0,86	3,07±3,68	10,91±3,33	162,31±96,69	21,12±6,76	5,68±0,913	42,61±13,56
<b>N</b>	32	32	19	29	32	32	32	32	32
<b>Ipatinga</b>	66,88±17,62	2,48±0,422	0,598±0,052	0,783±0,211	15,63±2,23	128,36±50,46	57,42±12,63	3,15±0,288	50,61±7,81
<b>N</b>	16	16	11	16	16	16	16	16	16
<b>Janaúba</b>	79,95±79,95	3,22±3,22	0,388±0,388	0,627±0,627	9,05±9,05	79,37±79,37	16,89±16,89	2,45±2,45	30,49±30,49
<b>N</b>	32	32	32	32	32	32	32	32	32
<b>Patrocínio</b>	99,20±97,56	6,72±3,42	0,61±1,19	1,68±1,69	6,97±2,94	106,90±60,22	27,10±16,05	4,06±1,08	34,46±12,54
<b>N</b>	32	32	32	32	32	32	32	32	32

**Tabela 5** - Quadro comparativo entre os quatro municípios\* estudados, para as concentrações de metais pesados detectados nas amostras de pão das abelhas segundo Kruskal-Wallis.

	Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg
<b>q</b>	1,328	63,584	15,034	34,149	58,673	23,375	46,536	76,310	35,585
<b>p-valor</b>	NS	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

\* Municípios estudados: Betim, Ipatinga, Janaúba e Patrocínio

\*\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .

**Tabela 6** - Quadro comparativo entre Municípios estudados, através do teste de Mann-Whitney, para as concentrações de metais pesados encontrados em amostras de pão das abelhas do Estado de Minas Gerais.

Municípios		Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Sr Mg/kg	Zn mg/kg
Betim x Ipatinga	<b>u</b>	0,000	76,500	53,000	54,000	219,000	0,000	11,00	148,000
	<b>p-valor *</b>	NS	0,000	0,000	NS	0,000	0,000	0,00	0,018
Betim x Janaúba	<b>u</b>	32,000	164,000	76,000	408,500	151,000	296,000	8,000	214,000
	<b>p-valor</b>	0,006	0,000	NS	0,000	0,004	0,000	0,000	0,000
Betim x Patrocínio	<b>u</b>	254,000	134,500	341,000	143,000	308,000	411,000	116,000	344,000
	<b>p-valor</b>	0,001	NS	0,000	0,006	NS	0,000	0,000	0,024
Ipatinga x Janaúba	<b>u</b>	174,000	132,000	159,000	0,000	115,000	0,000	92,500	9,000
	<b>p-valor</b>	NS	0,034	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
Ipatinga x Patrocínio	<b>u</b>	85,000	94,500	177,500	,000	190,000	47,000	105,000	66,000
	<b>p-valor</b>	0,017	NS	0,000	NS	0,000	0,001	0,001	0,000
Janaúba x Patrocínio	<b>u</b>	154,000	423,500	301,000	196,000	440,000	280,000	115,000	417,000
	<b>p-valor</b>	NS	0,004	0,000	NS	0,002	0,000	0,000	NS

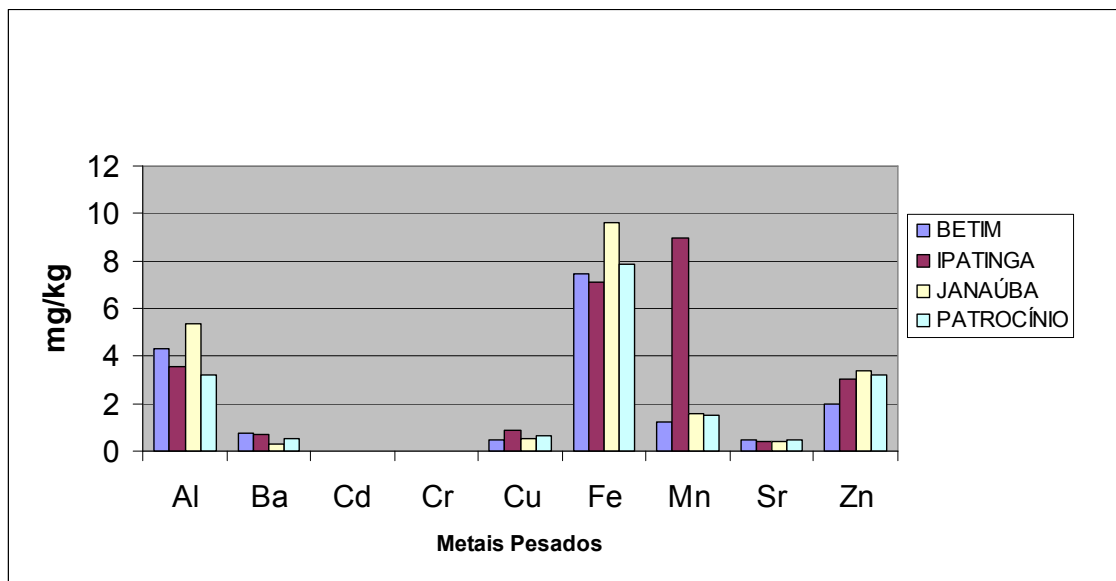
\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .

Observando-se a tabela 7, a análise comparativa entre teores de metais pesados encontrados no mel e no pão de abelhas, pode-se verificar que os valores são significativos para todos os elementos estudados (Figura 19 e 20).

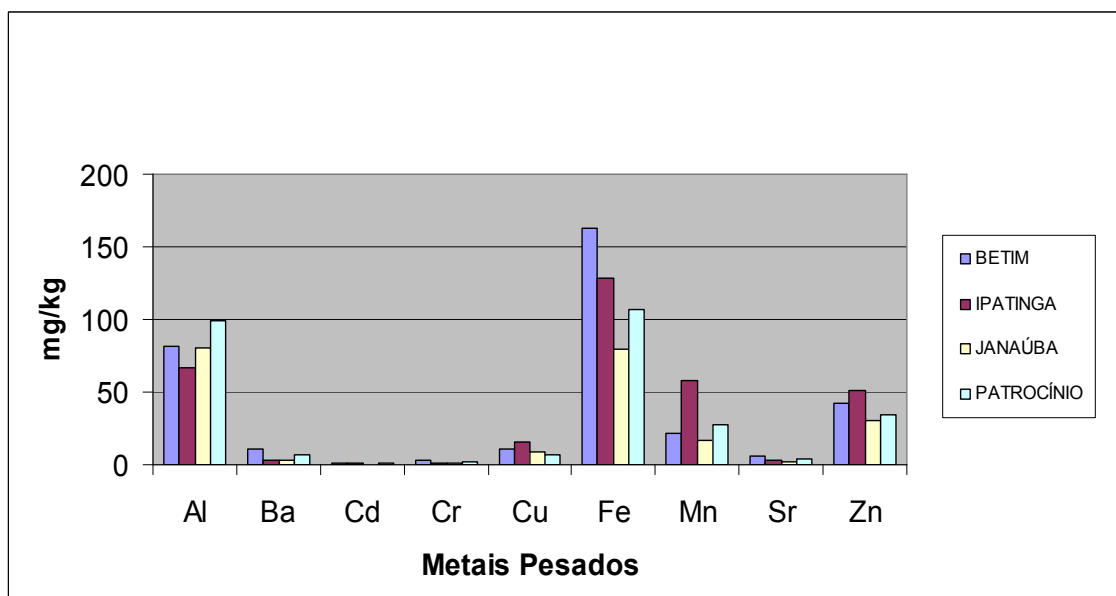


**Tabela 7** – Comparação entre as concentrações dos metais pesados estudados encontrados no mel e no pão de abelhas através do teste de Mann-Whitney.

Mann Whitney	Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Sr mg/kg	Zn mg/kg
u	35,00	106,00	3017,50	1699,50	0,00	0,00	1766,00	0,00	27,00
p-valor	0,000	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



**Figura 19** - Concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de mel dos quatro municípios estudados.



**Figura 20** - Concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de pão de abelhas dos quatro municípios estudados.

### **3.3 - Identificação e contagem dos tipos polínicos presentes nas amostras de méis coletadas nos Municípios de Betim, Ipatinga, Janaúba e Patrocínio.**

#### **3.3.1 - Município de Betim**

Foram analisadas 32 amostras de mel e o espectro polínico destas amostras apresentou uma diversidade de 26 tipos polínicos e quantidade média de 695,91 grãos de pólen por amostra (Tabela 8). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 18 famílias botânicas, abrangendo 26 gêneros.

O pólen dominante, encontrado na frequência acima de 45% do total de grãos, foi representado pelo gênero *Mimosa* (Figura 21A) com 58,36% do total. O pólen acessório (de 15 a 44% do total de grãos) foi representado pelo gênero *Eucalyptus* (26,57% - Figura 21B), os pólenes isolados, presentes na frequência de 3 a 14 % do total dos grãos, foram representados pelos gêneros *Cecropia*, *Datura* e *Schrankia*, os demais tipos polínicos presentes nas amostras enquadraram-se na frequência de pólenes isolados ocasionais e foram representados por menos de 3% do total de grãos (Tabela 8).

#### **3.3.2 - Município de Ipatinga**

Foram analisadas 16 amostras de mel e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 12 tipos polínicos e quantidade média de 694,75 grãos de pólen por amostra (Tabela 8). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 11 famílias botânicas, abrangendo 12 gêneros.

O pólen dominante, encontrado na frequência acima de 45% do total de grãos, foi representado pelo gênero *Eucalyptus* (Figura 21B) com 76,54% do total. O pólen acessório (de 15 a 44% do total de grãos) foi representado pelo gênero *Mimosa* (14,97% - Figura 21A), os pólenes isolados presentes na frequência de 3 a 14 % do total de grãos, foram representados pelo gênero *Schrankia*, os demais tipos polínicos presentes nas amostras enquadraram-se na frequência de pólenes isolados ocasionais e foram representados por menos de 3% do total de grãos (Tabela 8).

### 3.3.3 - Município de Janaúba

Foram analisadas 32 amostras de mel e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 20 tipos polínicos e quantidade média de 1092,63 grãos de pólen por amostra (Tabela 8). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 15 famílias botânicas abrangendo 21 gêneros.

O pólen dominante, encontrado na frequência acima de 45% do total de grãos, foi representado pelo gênero *Astronium* (Figura 21C) com de 83,8% do total. Foi inexistente a presença de pólen acessório (15 a 44% do total de grãos), o pólen isolado, presente na frequência de 3 a 14 % do total de grãos, foi representado pelo gênero *Hyptis* (Figura 21F), os demais tipos polínicos presentes nas amostras enquadraram-se na frequência de pólen isolados ocasionais e foram representados por menos de 3% do total de grãos (Tabela 8) . Neste mel foram encontrados elementos de melato (massa granulosa e esporos de fungos) em grande quantidade.

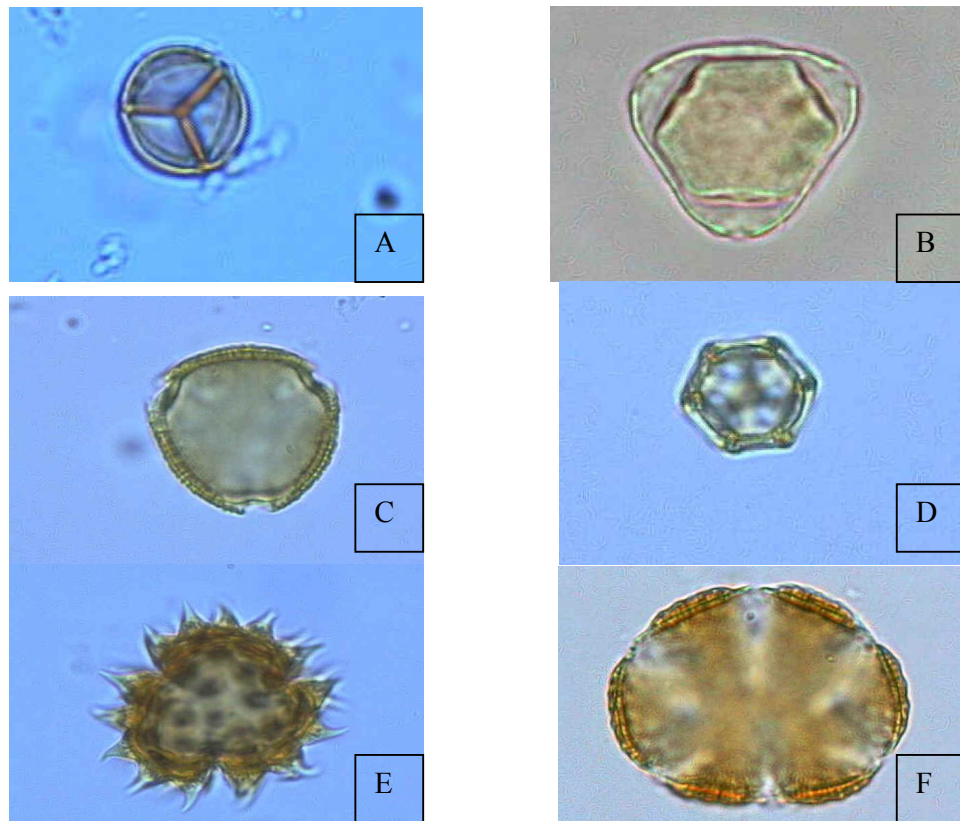
### 3.3.4 - Município de Patrocínio

Foram analisadas 32 amostras de mel e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 16 tipos polínicos e quantidade média de 462,75 grãos de pólen por amostra (Tabela 8). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 14 famílias botânicas abrangendo 16 gêneros.

Não houve pólen dominante nesta amostra. Os pólenes acessórios (de 15 a 44% do total de grãos) foram representados pelos gêneros *Mimosa* (44,17% - Figura 21A), *Alternanthera* (16,02% - Figura 21D), *Astronium* (16,05% - Figura 21C). Os pólenes isolados, presentes na frequência de 3 a 14 % do total de grãos foram representados pelos gêneros *Schrankia*, *Cecropia* e *Serjanea*, os demais tipos polínicos presentes nas amostras enquadraram-se na frequência de pólenes isolados ocasionais representados por menos de 3% do total de grãos (Tabela 8) .

Através do teste de Mann Whitney foram comparados os teores de metais pesados presentes nas amostras estudadas em relação à presença ou ausência dos principais tipos polínicos encontrados (Tabela 9). Foram encontrados valores significativos para os tipos: *Eucalyptus* e teores de Ba ( $p=0,00$ ) e Fe ( $p=0,00$ ); e entre *Mimosa* e teores de Al ( $p=0,05$ ), Ba ( $p=0,00$ ) e Sr ( $p=0,00$ ); *Astronium* e teores de Al ( $p=0,05$ ), Ba ( $p=0,00$ ), Cu ( $p=0,00$ ), Mn ( $p=0,00$ ), Sr ( $p=0,00$ ) e Zn ( $p=0,00$ ), *Alternanthera* e teores de Ba ( $p=0,00$ ), Sr ( $p=0,00$ ) e Mn ( $p=0,03$ ).

A correlação de Spearman's aplicada entre as concentrações de metais pesados e o número total de grãos de pólen encontrados nas amostras de mel analisadas, indicou somente uma correlação positiva de 0,303 e significativa ( $p=0,00$ ) com os teores de Fe (Tabela 10).



**Figura 21** - Fotomicrografia dos principais tipos polínicos (A) *Mimosa* (1000x), (B) *Eucalyptus* (1000x), (C) *Astronium* (1000x), (D) *Alternanthera* (1000x), (E) *Baccharis* (1000x), (F) *Hyptis* (1000x).

**Tabela 8** - Tipos polínicos presentes em amostras de mel coletadas nos quatro municípios estudados e seus índices percentuais\*

Tipos polínicos		MUNICÍPIO							
Família	Gênero	Betim		Ipatinga		Janaúba		Patrocínio	
		N <sup>o</sup> Grãos	%	N <sup>o</sup> Grãos	%	N <sup>o</sup> Grãos	%	N <sup>o</sup> Grãos	%
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Alternanthera</i>	0	0	0	0	168	0,48	2372	16,02
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Astronium</i>	108	0,48	4	0,04	29300	83,8	2376	16,05
	<i>Schinus</i>	56	0,25	0	0	0	0	0	0
<i>Asteraceae</i>	<i>Elephantopus</i>	7	0,03	0	0	4	0,01	0	0
	<i>Eupatorium</i>	32	0,14	0	0	0	0	0	0
	<i>Senecio</i>	8	0,04	0	0	0	0	0	0
	<i>Vernonia</i>	28	0,13	0	0	136	0,39	16	0,11
	<i>Bcacharis</i>	152	0,68	12	0,11	0	0	1036	7
	<i>Trixis</i>	0	0	0	0	4	0,01	0	0
<i>Bombacaceae</i>	<i>Bombax</i>	8	0,04	0	0	8	0,02	0	0
<i>Burceraceae</i>	<i>Protium</i>	20	0,09	8	0,07	4	0,01	0	0
<i>Cupheaceae</i>	<i>Cuphea</i>	8	0,04	0	0	0	0	0	0
<i>Caesalpinaceae</i>	<i>Acacia</i>	20	0,09	0	0	0	0	0	0
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Croton</i>	12	0,05	0	0	4	0,01	4	0,03
	<i>Euphorbia</i>	44	0,20	0	0	12	0,03	0	0
<i>Fabaceae</i>	<i>Anadenanthera</i>	20	0,09	320	2,88	24	0,07	8	0,05
	<i>Bauhinia</i>	8	0,04	0	0	0	0	0	0
	<i>Merremia</i>	0	0	0	0	16	0,05	0	0
	<i>Schrankia</i>	660	2,96	436	3,92	68	0,19	536	3,62
	<i>Senna</i>	232	1,04	0	0	724	2,07	52	0,35
<i>Lamiaceae</i>	<i>Hyptis</i>	24	0,11	12	0,11	4140	11,84	80	0,54
<i>Lauraceae</i>	<i>Persea</i>	4	0,02	0	0	0	0	0	0
<i>Loranthaceae</i>	<i>Serjanea</i>	12	0,05	0	0	56	0,16	464	3,13
<i>Malvaceae</i>	<i>Sida</i>	0	0	4	0,04	8	0,02	0	0
<i>Mimosaceae</i>	<i>Mimosa</i>	12996	58,36	1664	14,97	116	0,33	6540	44,17
<i>Moraceae</i>	<i>Cecropia</i>	854	3,83	76	0,68	0	0	960	6,48
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus</i>	5916	26,57	8508	76,54	56	0,16	288	1,95
<i>Onagraceae</i>	<i>Fuchsia</i>	0	0	0	0	0	0,02	0	0
<i>Poaceae</i>	-----	440	1,98	68	0,61	84	0,24	20	0,14
<i>Polygonaceae</i>	<i>Antigonum</i>	4	0,02	4	0,04	0	0	0	0
<i>Rubiaceae</i>	<i>Borreria</i>	0	0	0	0	24	0,07	40	0,27
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus</i>	0	0	0	0	0	0	16	0,11
<i>Solanaceae</i>	<i>Datura</i>	596	2,68	0	0	0	0	0	0
	<b>Média do n<sup>o</sup> de grãos de pólen por amostra</b>	695,91		694,75		1092,63		462,75	
	<b>N<sup>o</sup> de tipos polínicos</b>	26		12		20		16	
	<b>N</b>	32		16		32		32	
	<b>Origem botânica do mel</b>	Mel de <i>Mimosa</i> com contribuição de <i>Eucalyptus</i>		Mel de <i>Eucalyptus</i> com contribuição de <i>Mimosa</i>		Mel de <i>Astronium</i> com massa granulosa abundante e esporos fúngicos		Mel de <i>Mimosa</i> , <i>Alternanthera</i> e <i>Astronium</i>	

\* Pólen dominante  $\geq 44\%$  do total de grãos, Pólen acessório, 15 a 44%, Pólen isolado, 3 a 14%, Pólen Isolado ocasional  $\leq 3\%$ .

**Tabela 9** - Análise comparativa das concentrações de metais pesados presentes nas amostras de mel estudadas em relação à presença ou ausência dos principais tipos polínicos, encontrados (Mann-Whitney)\*

Tipos Polínicos		Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Sr mg/Kg	Zn mg/kg
Família	Gênero	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Alternanthera</i>	NS	0,00	NS	NS	NS	NS	0,03	0,00	NS
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Astronium</i>	0,05	0,00	NS	NS	0,00	NS	0,04	0,00	0,00
<i>Mimosaceae</i>	<i>Mimosa</i>	0,05	0,00	NS	NS	NS	NS	NS	0,00	NS
<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus</i>	NS	0,00	NS	NS	NS	0,00	NS	NS	NS

\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .

**Tabela 10** - Correlação de Spearman entre as concentrações de metais pesados e o total de grãos de pólen encontrados nas amostras de mel e no pão das abelhas.

Concentrações de metais pesados		Total de grãos de pólen nas amostras de mel	Total de grãos de pólen nas amostras de pão de abelhas
Al	Coefficiente de correlação	0,174	-0,465
	p-valor	NS	0,00
Ba	Coefficiente de correlação	-0,025	-0,115
	p-valor	NS	NS
Cd	Coefficiente de correlação	0,034	0,02
	p-valor	NS	NS
Cr	Coefficiente de correlação	-0,084	-0,168
	p-valor	NS	NS
Cu	Coefficiente de correlação	-0,002	-0,185
	p-valor	NS	0,05
Fe	Coefficiente de correlação	0,303	-0,526
	p-valor	0,001	0,000
Mn	Coefficiente de correlação	0,007	0,075
	p-valor	NS	NS
Sr	Coefficiente de correlação	0,122	-0,075
	p-valor	NS	NS
Zn	Coefficiente de correlação	-0,13	-0,148
	p-valor	NS	NS

\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .

### **3.4 - Identificação e contagem dos tipos polínicos presentes nas amostras de pão das abelhas coletadas nos Municípios de Betim, Ipatinga, Janaúba e Patrocínio.**

#### **3.4.1 - Município de Betim**

Foram analisadas 16 amostras de pão das abelhas e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 19 tipos polínicos aproximadamente e valores médios de 37232 números de grãos de pólen por amostra (Tabela 11). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 14 famílias botânicas e 19 gêneros.

Os grãos de pólen mais importantes em ordem decrescente de frequência numérica, foram representados por: *Baccharis* (68,16% - Figura 21E), *Mimosa* (13,24% - Figura 21A), *Eucalyptus* (5,96% - Figura 8B), *Euphorbia* (4,16%), *Vernonia* (3,07%) e *Cecropia* (3,07%), os demais foram representados em frequência menor que 3% (Tabela 11).

#### **3.4.2 - Município de Ipatinga**

Foram analisadas 16 amostras de pão das abelhas e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 13 tipos polínicos aproximadamente e valores médios de 30072 números de grãos de pólen por amostra (Tabela 11). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 11 famílias botânicas e 13 gêneros.

Os grãos de pólen mais importantes em ordem decrescente de frequência numérica, foram representados por: *Eucalyptus* (90,49% - Figura 21B), *Astronium* (6,09% - Figura 21C) e os demais foram representados em frequência menor que 1% (Tabela 11).

#### **3.4.3 - Município de Janaúba**

Foram analisadas 32 amostras de pão das abelhas e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 16 tipos polínicos aproximadamente e valores médios de 57276 números de grãos de pólen por amostra (Tabela 11). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 14 famílias botânicas e 16 gêneros.

Os grãos de pólen mais importantes em ordem decrescente de frequência numérica, foram representados por: *Astronium* (75,25% - Figura 21C), *Hyptis* (11,61% - Figura 21F) e *Antigonum* (9,29%) os demais foram representados frequência de 0,01 - 0,89% (Tabela11) .

#### 3.4.4 - Município de Patrocínio

Foram analisadas 16 amostras de pão das abelhas e o espectro polínico destas amostras apresentaram uma diversidade de 18 tipos polínicos aproximadamente e valores médios de 45912 números de grãos de pólen por amostra (Tabela 11). Os tipos polínicos encontrados nas amostras analisadas foram representados por 13 famílias botânicas e 18 gêneros.

Os grãos de pólen mais importantes em ordem decrescente de frequência numérica, foram representados por: *Mimosa* (42,69%), *Cyperaceae* (23,58% - Figura 21A), *Schrankia* (15,04%), *Vernonia* (15%) e os demais foram representados frequência de 0,01 - 1,71% (Tabela11) .

Através do teste de Mann Whitney foram comparados os teores de metal pesado presentes nas amostras estudadas em relação a presença ou ausência dos principais tipos polínicos encontrados (Tabela 12). Foram encontrados valores significativos para a presença de *Eucalyptus* e teores de Al ( $p=0,00$ ) e Mn ( $p=0,00$ ) e Zn ( $p=0,00$ ); e entre *Mimosa* e teores de Al ( $p=0,00$ ), Cu ( $p=0,00$ ), Fe ( $p=0,04$ ) e Sr ( $p=0,00$ ); *Baccharis* e Al ( $p=0,00$ ), Mn ( $p=0,00$ ), Sr ( $p=0,01$ ) e Zn ( $p=0,03$ ); *Cyperaceae* e Al ( $p=0,00$ ), Ba ( $p=0,01$ ), Cu ( $p=0,00$ ), Fe ( $p=0,00$ ), Mn ( $p=0,00$ ) e Sr ( $p=0,03$ ); *Hyptis* e Al ( $p=0,00$ ), Cu ( $p=0,00$ ) e Fe ( $p=0,00$ ); *Astronium* e Ba ( $p=0,00$ ), Cu ( $p=0,00$ ), Cr ( $p=0,00$ ), Fe ( $p=0,00$ ) e Sr ( $p=0,00$ ).

A correlação de Spearman's aplicada entre os teores de metais pesados e o número total de grãos de pólen encontrados nas amostras de mel analisadas (Tabela10), indicou correlação negativa e significativa com Al (-0,465 e  $p=0,00$ ); Cu (-0,185 e  $p=0,05$ ) e Fe (-0,526 e  $p=0,00$ ).



**Tabela 11** - Tipos polínicos presentes nas amostras de pão das abelhas coletadas nos quatro municípios estudados e seus índices percentuais.

Tipos polínicos		MUNICÍPIO							
Família	Gênero	Betim		Ipatinga		Janaúba		Patrocínio	
		N <sup>o</sup> Grãos	%	N <sup>o</sup> Grãos	%	N <sup>o</sup> Grãos	%	N <sup>o</sup> Grãos	%
Amaranthaceae	<i>Alternanthera</i>	4	0,01	0	0	436	0,76	0	0
Anacardiaceae	<i>Astronium</i>	0	0	1832	6,09	43100	75,25	8	0,02
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	25376	68,16	140	0,47	0	0	784	1,71
	<i>Elephantopus</i>	116	0,31	0	0	0	0	16	0,03
	<i>Eupatorium</i>	0	0	0	0	0	0	8	0,02
	<i>Trixis</i>	24	0,06	0	0	0	0	48	0,10
	<i>Vernonia</i>	340	3,07	4	0,01	256	0,45	6888	15
Bombacaceae	<i>Bombax</i>	0	0	0	0	4	0,01	0	0
Burceraceae	<i>Protium</i>	4	0,01	0	0	0	0	0	0
Cyperaceae	-----	0	0	12	0,04	0	0	10828	23,58
Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	0	0	0	0	0	0	20	0,04
	<i>Euphorbia</i>	1548	4,16	92	0,31	24	0,04	0	0
Fabaceae	<i>Anadenanthera</i>	4	0,01	300	1	12	0,02	4	0,01
	<i>Bauhinia</i>	4	0,01	0	0	0	0	0	0
	<i>Merremia</i>	52	0,14	0	0	92	0,16	0	0
	<i>Schrankia</i>	0	0	36	0,12	512	0,89	6904	15,04
Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	480	2,29	12	0,04	6652	11,61	128	0,28
Loranthaceae	<i>Serjanea</i>	588	1,58	40	0,13	0	0	80	0,17
Malpighiaceae	-----	0	0	0	0	4	0,01	20	0,04
Malvaceae	<i>Hybiscus</i>	28	0,08	0	0	0	0	24	0,05
	<i>Sida</i>	0	0	0	0	4	0,01	0	0
Mimosaceae	<i>Mimosa</i>	4928	13,24	4	0,01	4	0,01	19600	42,69
Moraceae	<i>Cecropia</i>	1144	3,07	0	0	0	0	0	0
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	2220	5,96	27212	90,49	0	0	448	0,98
Onagraceae	<i>Fuchsia</i>	0	0	0	0	4	0,01	36	0,08
Poaceae	-----	236	0,63	204	0,68	800	1,40	68	0,15
Polygonaceae	<i>Antigonum</i>	0	0	184	0,61	5320	9,29	0	0
Rutaceae	<i>Citrus</i>	4	0,01	0	0	0	0	0	0
Solanaceae	<i>Datura</i>	132	0,35	0	0	0	0	0	0
Verbenaceae	<i>Ruelia</i>	0	0	0	0	52	0,09	0	0
	<b>Número total de grãos de pólen</b>	37232		30072		57276		45912	
	<b>N<sup>o</sup> de Tipos polínicos</b>	19		13		16		18	

**Tabela 12** - Comparação das concentrações de metais pesados encontrados nas amostras de pão de abelhas estudadas e a relação destes com a presença ou ausência dos principais tipos polínicos (Mann-Whitney \*)

Tipos Polínicos		Al mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Sr mg/Kg	Zn mg/kg
Família	Gênero	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor	p-valor
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	0,00	NS	NS	NS	NS	NS	0,00	0,01	0,03
Lamiaceae	<i>Hyptis</i>	0,00	NS	NS	NS	0,00	0,00	NS	NS	NS
Mimosaceae	<i>Mimosa</i>	0,00	NS	NS	NS	0,00	0,04	NS	0,00	NS
Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	0,00	NS	NS	NS	NS	NS	0,00	NS	0,00

\* p-valor com nível de significância  $\leq 0,05$ .

#### **4 - DISCUSSÃO**

Os produtos das abelhas apresentam vários tipos de elementos químicos, dentre eles metais pesados. Alguns desses elementos se constituem em importantes fontes de minerais para as necessidades humanas. No entanto, se suas concentrações excederem os níveis de segurança, eles podem se tornar tóxicos (VALKOVIC, 1975; LEBLEBICI, 2008).

A proximidade de rodovias, áreas urbanas, minerações e indústrias diversas no raio de forrageamento das abelhas resulta em aumento dos níveis de concentrações de certos metais nos produtos apícolas entre eles, Al, Ba, Ca, Cd, Cu, Mg, Mn, Ni, Pb, Pd e Zn, bem como de outros resíduos químicos (POHL, 2009).

Metais pesados presentes na atmosfera podem se depositar nos pelos dos corpos das abelhas e serem trazidos para as colméias juntamente com os grãos de pólen ou podem ainda ser absorvidos juntamente com o néctar das flores, água e honeydew (PORRINI et al, 2003).

Esses elementos foram encontrados nas amostras analisadas em diferentes concentrações.

O pão de abelha pode sofrer contaminações múltiplas com metais pesados, provenientes dos grãos de pólen das plantas expostas a poluição ambiental na área de forrageamento das abelhas, dos metais pesados acumulados na superfície do corpo das abelhas e do mel acrescentado ao pólen.

Quando comparamos os teores médios obtidos para Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Sr e Zn entre o pão das abelhas e o mel, verificamos que as concentrações mais elevadas foram encontradas no pão de abelhas e as diferenças entre eles foram significativas para todos os elementos estudados, nos quatro municípios.

##### **Alumínio (Al)**

O Al é o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre, observa-se que ele atinge a atmosfera não só através de emissões naturais, mas principalmente antropogênica em função do seu grande emprego industrial. Além do uso geral do Al como metal, o óxido de alumínio

é componente de quase todos os tipos de vidros, e compostos de Al são utilizados como catalizadores na fabricação de plásticos. No organismo humano a contaminação por Al não deve ultrapassar poucas partes por bilhão (GARCIA, 1997).

A presença de diferentes concentrações de Al nas amostras de mel e pão de abelhas sugere a interferência antropogênica deste contaminante nas áreas estudadas. Os valores encontrados nas amostras de mel (Tabela 1) se assemelham aos níveis encontrados para os méis franceses e poloneses considerados livres de contaminação para este metal (DEVILLERS et al, 2002; MADEJCZK, 2008). Para o pão de abelhas a ausência de diferenças nas concentrações entre os municípios estudados pode indicar que o metal pode ser proveniente tanto de contaminação por emissões industriais quanto por defensivos agrícolas.

O CODEX Alimentarius e as legislações do Mercosul e do Brasil não estabelecem limites de concentração para o alumínio em mel devido a falta de dados científicos sobre a contaminação por este elemento que corroborem para o estabelecimento de padrões.

### **Bário (Ba)**

O Bário não é um mineral essencial ao homem e em elevadas concentrações no organismo humano pode provocar a morte. Os compostos de Ba são usados na indústria de borracha, têxtil, cerâmica, farmacêutica, fertilizantes e pesticidas e a presença deste metal pode ser proveniente de emissões industriais e veiculares (MORCELLI, 2005; SOUZA, 2003). Ocorre naturalmente na água, na forma de carbonatos em algumas fontes minerais, geralmente em concentrações de 0,0007 a 0,9 mg/kg. Devido à sua alta toxicidade, o valor máximo permitido de Bário para água potável é de 0,7 mg/l (CETESB, 2010).

Nas amostras de mel estudadas, o Ba foi encontrado em maiores concentrações nos municípios de Betim e Ipatinga com valores médios de 0,75 e 0,70 mg/kg respectivamente. Esse valor está dentro dos limites estabelecidos para a água mas como o Codex Alimentarius, Mercosul e a legislação brasileira não estabelecem limites de contaminação para este metal em alimentos não há como dizer se esse valor está dentro do normal. Os apiários de onde as

amostras foram retiradas se localizam em uma região bastante antropizada, com alto nível de urbanização e presença de rodovias, indústrias metalúrgicas, siderúrgicas, e refratárias. POHL, (2009) também encontrou concentrações altas de Ba em amostras de mel de países da Europa, Ásia, América do Sul e Oriente Médio provenientes de áreas sujeitas a contaminação atmosférica, bem como STANCHER, (2005) em amostras provenientes de regiões poluídas da Itália.

Ao contrario do verificado para o mel, as concentrações de Bário do pão de abelhas apresentaram valores médios muito altos (entre 2,48 a 10,49 mg/kg) e as diferenças encontradas entre os municípios indicam origens específicas. O Ba presente na atmosfera provém de emissões veiculares, fertilizantes, pesticidas e aplicações industriais, que variam de cerâmicas até lubrificantes (NETO, 2009). Isso talvez explique os teores de Ba mais elevados nos municípios de Ipatinga e Betim, regiões altamente industriais com intenso tráfego de veículos. Os altos valores encontrados em Patrocínio podem ser explicados pela ocorrência de indústrias cerâmicas e pela atividade agrícola que utiliza fertilizantes e agrotóxicos que contêm Ba na sua formulação.

### **Cádmio(Cd)**

O Cádmio é um elemento naturalmente presente na crosta terrestre, encontrado quase sempre associado ao Zinco na maioria dos minérios e solos. As principais fontes de contaminação de Cd no meio ambiente são as indústrias de fundições, processos de galvanoplastia, através de eletrodos de baterias, da fabricação de plásticos coloridos e de pigmentos de tintas. Este metal é nocivo para a saúde humana e gera impactos ao meio ambiente, sendo comprovadamente um agente cancerígeno, teratogênico e que pode causar danos ao sistema reprodutivo (BAIR, 2002).

As amostras de mel analisadas neste trabalho apresentaram valores médios de Cd entre 0,38 - 0,44 mg/kg sendo estes níveis considerados bastante elevados já que o Codex Alimentarius estabelece um limite máximo de 0,03 mg/kg de Cd para sucos e polpas de frutas. A legislação

do Mercosul e do Brasil, não estabelecem limites para o cádmio em mel. Embora as amostras analisadas tenham apresentado valores elevados para este metal, estes foram detectados abaixo do limite de quantificação (LQ) do equipamento utilizado. Mesmo havendo variação significativa entre os municípios os valores detectados não podem ser considerados contaminantes.

Os teores de Cd em amostras de mel descritos na literatura variaram de 0,002 a 0,22 mg/kg (JONES, 1987; LEITA, 1996; VELEMINSKY et al, 1990; MIGULA, 1989; POHL, 2009; OSMAN, 2007; PODGORSKI, 2004; LEBLEBICI, 2008; STANCHER, 2005; CONTI, 2000), entretanto, em regiões poluídas, o Cd foi encontrado em altos níveis de concentração em amostras de mel provenientes da Itália (0,305 mg/kg), Turquia (0,32 mg/kg) e Índia (0,55 mg/kg) (POHL, 2009). Em amostras de mel provenientes do Sudoeste da Bahia foram encontrados cerca de 3,16 mg/kg (SANTOS, 2007).

Para o pão de abelhas o valor máximo encontrado (1,20 mg/Kg) esteve acima do determinado pelo Codex Alimentarius que estabelece em 1mg/kg o limite de tolerância de contaminantes inorgânicos em alimentos humanos. Esse valor foi encontrado em Betim e também pode ser explicado pela presença de intensa urbanização e industrialização na região de entorno do apiário.

### **Cromo (Cr)**

A grande utilização dos compostos de Cr pode causar contaminação ambiental devido à exposição aos mais variados tipos de rejeitos industriais e ao uso de agrotóxico no meio ambiente. A contaminação das águas naturais com Cr ocorre principalmente através da lixiviação dos aterros sanitários, da água das torres de resfriamento e dos efluentes das indústrias de eletrocromagem, de tingimento e de corantes (KABATA-PENDIAS, 2000).

Mesmo havendo diferenças entre os municípios os baixos teores de Cr encontrados nas amostras de mel avaliadas neste estudo estão de acordo com o encontrado por LEBLEBICI (2008) que esteve entre 0,01 – 1,89 mg/kg.

Para o pão de abelhas, ao contrário, as concentrações de Cr foram elevadas. Os maiores teores de Cr foram detectados em ordem decrescente nos Municípios de Betim, Patrocínio, Ipatinga e Janaúba, estes teores são considerados elevados quando comparado aos limites estabelecidos de 0,05 mg/kg para água potável (CETESB, 2010). A contaminação do pão de abelhas pode ser devido a contaminação das águas naturais no entorno dos apiários. No Município de Betim e Ipatinga podem ser encontradas várias indústrias poluentes e aterros sanitários que contribuem para elevar o nível deste poluente ambiental. Nos Município de Patrocínio e Janaúba os níveis encontrados podem refletir contaminação por agrotóxicos.

### **Cobre (Cu)**

O Cu e seus compostos estão presentes em abundância na crosta terrestre. Sua erosão e lixiviação liberam quantidades significativas deste metal, na forma de poeiras para a atmosfera, para o solo e para águas superficiais. As fontes antropogênicas de Cu incluem: atividades de mineração e fundição, queima de carvão, incineradores de resíduos municipais, agentes antiaderentes em pinturas, fertilizantes, fungicidas, excreções de animais e humanos e liberação de resíduos advindos de rodovias (LEBLEBICI, 2008; KABATA-PENDIAS, 2000). De acordo com o Codex Alimentarius os valores máximos de Cu encontrados em açúcares e mel não devem exceder a 5,0 mg/kg. Os valores obtidos para os méis estudados não excederam este limite e estão de acordo com os valores obtidos para amostras de mel analisadas em diversos países (POHL, 2009; LEBLEBICI, 2008). Os méis produzidos nos municípios de Betim, Ipatinga, Janaúba e Patrocínio contêm Cu em quantidades consideradas essenciais para a saúde humana e estão em acordo com amostras provenientes de outros municípios do Estado de Minas Gerais (MATTOS et al, 1998).

Para o pão de abelhas, ao contrário, as concentrações de Cobre encontrados nas amostras apresentaram valores médios de 6,97 a 15,96 mg/Kg e o limite máximo permitido pelo CODEX é de 10,0 mg/kg para alimentos de consumo humano. Os valores mais altos foram

encontrados nos municípios de Betim e Ipatinga. As fontes de Cu em Betim podem ser de incineradores de resíduos municipais, agentes antiaderentes em pinturas, fertilizantes, fungicidas, excreções de animais e humanos. Já em Ipatinga, as fontes contaminantes podem ser as indústrias siderúrgicas, mineração, aplicação de fertilizantes dentre outros.

### **Ferro (Fe)**

As mais importantes fontes de poluição de Fe são indicadas pela corrosão de metais e escavações. Os valores máximos padronizados para o Fe pelo CODEX para alimentos, doces e mel, não deve exceder 15 mg/kg (LEBLEBICI, 2008). Apesar de altas, as concentrações de ferro nas amostras de mel estiveram abaixo do determinado pelo CODEX, estando livres deste metal e estão de acordo com o encontrado para outras regiões do mundo. Hernandez (2005) encontrou valores entre 0,40 a 52,51 mg/kg para méis produzidos nas Ilhas Canárias. Na Turquia os valores encontrados estiveram entre 3,45 a 8,94 mg/kg (SAHNLER et al, 2009) e na Arábia Saudita estiveram entre 0,97 a 1,91 mg/kg (ALI- KHALIFA, 1999).

Os altos valores de Fe encontrados podem ser devido à influência do solo e das plantas visitadas pelas abelhas nas áreas forrageadas. Os maiores níveis encontrados foram para o município de Janaúba no qual o mel caracteriza-se botanicamente por se originar de *Astronium* (aroeira) e trazer contribuição de honeydew, mel produzido a partir de homópteros, que eliminam metais pesados em suas excreções como mecanismo de defesa contra seus predadores e parasitos (GLOWACKA, 1997). As demais amostras analisadas estão de acordo com as concentrações de Fe encontradas em estudos anteriores realizados para méis provenientes do estado de Minas Gerais (MATTOS et al, 1998).

As concentrações de Ferro encontradas no pão das abelhas tiveram variação entre 79,37 a 162,31 mg/kg, sendo extremamente altos quando comparados aos limites máximos estabelecidos para água potável 0,03mg/kg (CETESB, 2010). Os locais estudados com maior grau de antropização por indústrias e rodovias foram os que apresentaram maiores teores deste elemento, ou seja, os municípios de Betim, Ipatinga e Patrocínio.

## **Manganês (Mn)**

O Mn é considerado um metal essencial à saúde humana, porém em níveis elevados torna-se tóxico. O Mn e seus compostos são usados na indústria do aço, ligas metálicas, baterias, vidros, oxidantes para limpeza, fertilizantes, vernizes, suplementos veterinários, entre outros usos. Também corre naturalmente na água superficial e subterrânea (CETESB, 2010).

As concentrações de Mn encontradas nas amostras de mel estudadas nos Municípios de Betim, Janaúba e Patrocínio estão de acordo com resultados citados na literatura. Alguns estudos descrevem níveis de Mn em amostras de mel. LEBLEBICI, (2008) encontrou concentrações de Mn entre 0,32 a 1,70 mg/kg, IOANNIDOU (2004) encontrou uma variação entre 0,11 a 7,22 mg/kg e MATTOS et al (1998) encontraram valores entre 1,20 a 4,79 mg/kg, sendo estes valores considerados altos diante do limite estabelecido pela ANVISA (2004) para água (0,1 mg/kg). O Município de Ipatinga apresentou valores muito elevados (8,9 mg/kg) quando comparados a resultados obtidos para amostras de diversas partes do mundo (POHL, 2009) e quando comparados aos demais Municípios estudados.

O teores de Manganês no pão de abelhas variaram entre os municípios e estão muito acima do limite estabelecido pela ANVISA (2004). Esses valores elevados podem ser provenientes de contaminação pela presença de indústrias, siderúrgicas, pelo emprego de fertilizantes e outros.

## **Estrôncio (Sr)**

O estrôncio, mineral abundante na natureza a partir de rochas ígneas, é encontrado majoritariamente na forma de sulfatos (celestita) e carbonato (estroncianita). Este mineral, em sua forma natural, não é tóxico para o ser humano agindo como o cálcio. Entretanto, este elemento possui vários isótopos com propriedades radioativas que em níveis elevados são bastante prejudiciais ao meio ambiente oferecendo riscos carcinogênicos aos organismos vivos (KABATA-PENDIAS, 2000).

Atualmente suas principais aplicações indústrias são: cristais para tubos catódicos de televisores em cores, pirotecnia, produção de ímãs de ferrita, refinação do zinco,



dessulfurização do aço na produção de diversas ligas metálicas, fabricação de cerâmicas, produtos de vidro, pigmentos para pinturas, lâmpadas fluorescentes, medicamentos e agrotóxicos (KABATA-PENDIAS, 2000).

Os valores médios encontrados nas amostras de méis estudadas (0,40 a 0,46 mg/kg), são considerados traços de Sr e estão de acordo com o citado por FREDES (2006) para méis do Chile, TERRAB et al (2004) e FERNANDEZ (1994) para méis da Espanha. O Codex Alimentarius não estabelece limites para este metal e poucos estudos existem sobre a detecção deste em mel de abelhas. O mel produzido em Minas Gerais é considerado livre de contaminação por estrôncio.

Os maiores teores de Estrôncio encontrado nas amostras de pão de abelhas avaliadas foram para o Município de Betim seguido de Patrocínio, Ipatinga e Janaúba. A emissão de poluentes atmosféricos pelas indústrias que utilizam este metal, no entorno dos Municípios de Betim e Ipatinga, bem como o uso de fertilizantes e agrotóxicos nas extensas áreas agrícolas dos Municípios de Patrocínio e Janaúba são as principais fontes de contaminação deste elemento no pão de abelhas.

### **Zinco (Zn)**

A literatura descreve que as principais fontes de contaminação de Zinco na atmosfera são devidas a poluição gerada por combustíveis fósseis e produção de ligas metálicas (KABATA-PENDIAS, 2000). O maior valor (3,35mg/Kg) foi encontrado no município de Janaúba e estão abaixo do limite estabelecido pelo CODEX para mel (5 mg/kg) e foram semelhantes a valores encontrados na literatura mundial (JONES, 1987; LEITA, 1996; VELEMINSKY et al, 1990; MIGULA, 1989; POHL, 2009; OSMAN, 2007; PODGORSKI, 2004; LEBLEBICI, 2008; STANCHER, 2005; CIMINO et al, 1984; CONTI, 2000). No entanto estão abaixo dos valores encontrados em méis produzidos no sudoeste da Bahia (14,26 mg/kg), e semelhantes aos méis encontrados em outros Municípios do Estado de Minas Gerais (MATTOS, 1998).

Para o pão de abelhas as concentrações foram muito altas, sendo que as maiores concentrações foram encontradas em Ipatinga e Betim. O Zn, assim como o Bário presente na atmosfera provêm de emissões veiculares, de fertilizantes e pesticidas e aplicações industriais, que variam de cerâmicas até lubrificantes (NETO, 2009). Os apiários aí instalados, possivelmente sofreram contaminações provenientes de veículos e indústrias no Município de Ipatinga e Betim e por agrotóxicos no Município de Patrocínio e Janaúba..

### **Identificação da Origem botânica**

O espectro polínico do mel e do pão de abelhas diz respeito às plantas produtoras de néctar e de pólen e às suas contaminações (MAURIZIO, 1975). A interpretação da análise quantitativa das amostras descritas mostra que nos Municípios estudados o mel e o pão de abelhas produzidos são multiflorais, e as abelhas visitaram várias espécies típicas de áreas antrópicas no Município de Betim e Ipatinga e, nos Municípios de Janaúba e Patrocínio espécies típicas de áreas de cerrado. Estes grãos de pólen são bons indicadores da origem geográfica do mel estudado como já foi reportado por diversos autores para os méis produzido em diversas partes do Brasil e do estado de Minas Gerais (Santos, 1961, 1964; Barth, 1970 a,b,c; 1989; Absy et al, 1980; Ramalho et al, 1991; Barth, 1990, 1998; Carreira & Jardim, 1994; Bastos et al, 1993, 1995 a,b, 2003).

As amostras de mel obtidas nos Municípios de Betim e Ipatinga apresentaram resultados semelhantes quanto aos aspectos microscópicos, sendo caracterizados como multiflorais, com grande contribuição dos grãos de pólen de *Eucalyptus*, representado na frequência de pólen acessório (15-44%) no Município de Betim e pólen dominante (>45%) no Município de Ipatinga. Este resultado confirma o potencial nectarífero e polinífero da abundante floração deste gênero exótico cultivado em áreas de reflorestamento presentes no entorno dos apiários. Resultados semelhantes foram encontrados por Bastos, 1995a,b; 2003 para méis provenientes da Zona da Mata e de regiões de cerrado do Estado de Minas Gerais. O gênero *Mimosa* apresentou-se como pólen dominante nos Municípios de Betim e Patrocínio (>45%) e pólen

acessório no Município de Ipatinga (15 - 44%) , contribuindo na formação do mel das amostras coletadas nestes Municípios. Estudos anteriores sobre a origem botânica de méis produzidos em áreas de cerrado de Minas Gerais, apresentam resultados semelhantes, onde o pólen de *Mimosa* aparece como dominante em algumas amostras estudadas e acessório em outras onde o *Eucalyptus* não é dominante (Bastos, 2003). Este gênero é representado por várias espécies invasoras de áreas de pastagem, áreas abandonadas e com alta frequência em beiras de estradas no Estado de Minas Gerais. Os Municípios de Betim, Ipatinga caracterizaram-se por apresentar intensa urbanização e antropização no entorno dos apiários o que veio propiciar a grande oferta de *Mimosa* em seu espectro polínico.

O espectro polínico dos méis provenientes dos Municípios de Janaúba e Patrocínio, ambos localizados em áreas de cerrado, apresentaram o gênero *Alternanthera* como pólen isolado ocasional (<3%) no Município de Janaúba e como pólen acessório (15 - 44%) no município de Patrocínio, sendo importante no fornecimento de néctar para as abelhas nestas regiões, resultados semelhantes foram encontrados por BASTOS, (2003) em amostras de mel provenientes de áreas de cerrado.

O gênero *Astronium* é citado por outros autores como uma das principais fontes de néctar para manutenção das abelhas *Apis mellifera* em áreas de cerrado (BASTOS et al, 2003) e neste estudo foram encontradas nos espectros polínicos dos méis coletados em Janaúba e Patrocínio ambos situados em áreas de cerrado.

O mel produzido no Município de Janaúba foi caracterizado como mel de *Astronium* com contribuição de honeydew, por apresentar nas análises microscópicas além dos grãos de pólen, abundância de massa granulosa e esporos fúngicos (denominados elementos de melato). Varias espécies de homópteros, que vivem como parasitas sobre as plantas sugam a seiva elaborada do floema e excretam líquidos açucarados os quais são procurados e colhidos pelas abelhas como se fossem néctar. O produto final obtido a partir destas secreções é diferente do mel floral nas suas propriedades físico-químicas e nos teores de minerais e vem constituir o mel de melato ou Honeydew (BARTH, 1970c).

Na análise microscópica do mel de melato, são encontrados esporos de fumagina que segundo NEGER (1918 apud BARTH, 1970c), são fungos de micélios escuros, os quais levam uma vida epífita sobre folhas e galhos de plantas vivas e podem se desenvolver na presença de suficiente quantidade de secreções de Homópteros, que lhes servem de meio de cultura. Também são encontradas massa granulosa, segundo Barth (1970c) esta substância é advinda da superfície das folhas onde foi colhido o melato, servindo como indicador da presença deste no mel.

O mel produzido no Município de Janaúba, por apresentar em seu espectro abundância de massa granulosa e esporos de fungos, foi indicado neste estudo como sendo de *Astronium* com contribuição de melato. Méis de honeydew já foram encontrados no Estado do Rio de Janeiro, Ceará, Santa Catarina e Minas Gerais (BARTH, 1970a,b,c; BASTOS, 1993, 1995a,b, 2003).

Embora os méis estudados tenham sido caracterizados como livre de contaminação por metais pesados, pode-se observar relação entre os teores encontrados e sua origem botânica.

O mel coletado no Município de Janaúba cuja origem é *Astronium* com contribuição de honeydew, apresentou os maiores teores de alumínio (5,37 mg/Kg), resultados semelhantes foram encontrados para méis de Honeydew de *Pinus* (7,49 mg/kg) produzidos em diferentes regiões da Turquia (SAHNLER et al, 2009), honeydew de diferentes regiões da Polônia (3 a 35mg/kg) (MADEJCZYK, 2008) e méis multiflorais (14,3 mg/kg) proveniente da região centro-sul do Chile (FREDES et al, 2006), que se caracteriza por solos ricos em Al submetidos a graves processos erosivos cujas partículas podem se dispersar e depositar sobre as flores e assim chegar até as colméias (SAHNLER et al, 2009; FREDES et al, 2006; MADEJCZYK, 2008). Também em Janaúba foram observados os maiores teores de Fe (9,6 mg/kg) e os valores estão de acordo com as concentrações encontradas (3,8 - 16,1mg/kg) em amostras de mel Honeydew provenientes de diferentes regiões da Polônia (MADEJCZYK, 2008).

GLOWACKA (1997) cita que os homópteros sugadores de floema participam na transferência de metais para a cadeia alimentar ao excretá-los no honeydew. Muitas espécies de formigas e abelhas comumente interagem com os homópteros alimentando-se de suas excreções líquidas e adocicadas contaminadas com Al e Fe.

O *Astronium* é uma espécie típica do ecossistema cerrado e é conhecido o acúmulo deste mineral em algumas plantas deste bioma, devido à alta saturação de Al nestes solos (GOODLAND, 1978; HARIDASAN, 2000).

A presença de Mimosa no espectro polínico do mel se relacionou positivamente com as concentrações de Bário. Esses méis com predominância de *Mimosa* foram provenientes de Betim, Patrocínio e Ipatinga (pólen secundário). O gênero *Mimosa* por ser freqüente em beiras de estradas pode ser o grande carreador de Ba para os méis. Além disso, suas flores são bastante abertas e podem estar mais sujeitas ao acúmulo de contaminantes. SAHNLER et al (2009), estudaram méis multiflorais provenientes da Turquia e encontraram elevados teores de Bário sugerindo que as fontes de néctar e a localização geográfica e botânica têm importante efeito na composição bioquímica e nos traços de metais pesados encontrados nestes méis.

MATTOS (1998) e CAROLLI (2000); afirmam existir uma correlação positiva entre os teores de Cu e Mn e um correlação negativa entre o Zn, encontrados nas amostras de méis com a participação do *Eucalyptus* em sua constituição botânica. Resultados semelhantes foram obtidos em amostras de mel provenientes do Município de Patrocínio, onde o *Eucalyptus* foi encontrado como pólen dominante e as amostras provenientes desse município apresentaram os maiores teores de Cu. Para o Mn, as maiores concentrações foram encontradas em Ipatinga. Os apiários desse município se localizam no interior ou em áreas muito próximas de Eucaliptais, o que pode explicar os resultados encontrados.

Para o Zn os resultados estão de acordo com o observado por (MATTOS, 1998), pois em Ipatinga encontrou-se as menores concentrações. No entanto a presença de Zn se correlacionou com a predominância de pólen de *Astronium*. Sendo que as maiores

concentrações foram encontradas no Município de Janaúba, onde a origem botânica do mel é de *Astronium* com honeydew. Resultados semelhantes foram encontrados por MADEJCZSK (2008) quando comparou teores de Zn entre amostras de méis florais e méis de honeydew.

Este estudo mostra que a presença dos metais pesados Cu, Mn e Zn, pode estar relacionada à fonte floral, por serem estes micronutrientes essenciais ao metabolismo das plantas e extraídos do solo, água ou absorvidos pelos estômatos (ALVES et al, 2001). Os teores de Al e Fe relacionam-se aos méis produzidos a partir de excreções de pulgões e de plantas típicas do cerrado (*Astronium*) que acumulam alumínio. Os teores de Ba estão relacionados com a poluição atmosférica depositada nas flores representadas pelo gênero *Mimosa* presente nas amostras provenientes dos Municípios de Betim, Ipatinga e Patrocínio, onde as áreas estudadas são urbanizadas com presença de indústrias poluidoras, intensas emissões veiculares e áreas agrícolas que utilizam pulverizações aéreas de agrotóxicos.

A origem botânica do pão de abelhas mostrou participação importante dos tipos polínicos *Mimosa*, *Baccharis*, *Eucalyptus*, *Astronium*, *Hyptis* e *Cyperaceae* como principais grãos de pólen ofertados para as abelhas nas áreas estudadas.

Os teores de metais pesados presentes no mel foram encontrados como traços enquanto no pão de abelhas estes foram apontados como contaminantes.

O teor de Bário encontrado no mel foi relacionado à presença de grãos de pólen de *Mimosa* nos Municípios de Betim e Ipatinga (Tabela 8). Resultado semelhante pode ser observado no pão de abelhas nos Municípios de Betim e Patrocínio onde este tipo polínico também foi bem representado. Isto sugere que a presença de várias espécies de *Mimosa* em beira de estradas e áreas abandonadas pode ser a principal fonte de contaminação de Ba nos produtos apícolas provenientes de emissões veiculares.

Os teores de Cobre e Manganês foram elevados nos méis de *Eucalyptus* provenientes do Município de Ipatinga, resultados semelhantes foram encontrados para o pão de abelha do mesmo município onde o grão de pólen de *Eucalyptus* foi representado por 90,49% do total de grãos.

## 5 - CONCLUSÕES

As abelhas *Apis mellifera* por forragearem em um raio de até 3 km, equivalente à área de 2.826 hectares, entram em contato com água, solo, grãos de pólen, néctar, exudatos de plantas e excreções de homópteros que podem estar contaminados com metais pesados provenientes da atmosfera.

1 - Os produtos elaborados pelas abelhas, como o mel e o pão de abelhas, constituem-se bons indicadores de poluição ambiental.

2 - O mel estudado apresentou-se livre de contaminações por metais pesados, ao contrário do pão de abelhas, que indicou contaminações por Al, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Sr e Zn, acima dos padrões estabelecidos nas legislações vigentes para alimentos e água.

3 - As concentrações encontradas para Al, Ba, Sr e Mn no mel servirão como contribuição científica para a elaboração de legislações futuras, haja visto que as vigentes não estabelecem limites para estes metais.

O teor de Bário encontrado no mel e no pão de abelhas foi relacionado à presença de grãos de pólen de *Mimosa* nos Municípios de Betim, Ipatinga e Patrocínio. Sugerindo que a presença de várias espécies de *Mimosa* em beira de estradas e áreas abandonadas pode ser a principal fonte de contaminação de Ba provenientes de emissões industriais e veiculares.

Os teores de Cobre e Manganês foram elevados nos méis e no pão de abelhas provenientes do município de Ipatinga, onde o grão de pólen de *Eucalyptus* é predominante.

Foi constatado relação entre altas concentrações de Al e Fe e o mel de *Astronium* com contribuição de honeydew produzidos em áreas de cerrado no município de Janaúba.

A menor contaminação do mel com metais pesados pode estar relacionada ao pouco acúmulo destes metais no néctar das plantas que ficam mais interiorizados na flores, ao contrário das anteras onde se localizam os grãos de pólen constantemente expostos para seus polinizadores.

A contaminação por metais pesados no pão de abelhas confirma o grande carreamento destes para o interior das colmeias através dos grãos de pólen.

Os municípios estudados apresentam-se livres de contaminação atmosférica por As, Co e Pb quando biomonitorados através de mel e do pão de abelhas produzidos por abelhas *Apis mellifera*.

O pão de abelhas foi considerado melhor bioindicador ambiental que o mel, por se constituir predominantemente de grãos de pólen e refletir a contaminação ambiental externa no entorno das colméias.



## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M. L., BEZERRA, E. B. & KERR, W. E., Plantas nectaríferas utilizadas por duas espécies de *Melipona* da Amazonia. *Acta Amazonica*, 10: 271- 281, 1980.

ALI- KHALIFA, A.S;AL-ARIFY, L.A. Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Saudi honeys. *Food. Chem.* 67, 21, 1999.

ALVES, E.S; GIUST, P.M; DOMINGOS, M; SALDIVA, P.H.N; GUIMARÃES, E.T; LOBO, D.J.A. Estudo Anatômico foliar do clone híbrido 4430 de *Tradescantia*: alterações decorrentes da poluição aérea urbana. *Rev. Bras. de Botânica* 24:567-576, 2001.

ANDERSON, R. H.; BUYS, b. & JOHANNSMEYER, M. F. Beekeeping in Sputh Africa. *Bull*, 394, Dept. Agric. Tec. Serv. , 1973

ANONYMOUS. Codex Alimentarius commission Joint FAO/WHO. Food standart programme recommended European- regional standard for honey, 2002.

ANONYMOUS. Codex Alimentarius commission Joint FAO/WHO. Norma general del CODEX para los contaminantes y las toxinas en los alimentos y piensos, 1995.

ANONYMOUS. Codex Alimentarius commission Joint FAO/WHO. Norma del codex par alas confituras, jaleas y mermeladas, 2009.

ANVISA. SVS/MS. Regulamento Técnico: "Princípios Gerais para o Estabelecimento de Níveis Máximos de Contaminantes Químicos em Alimentos" e seu Anexo: "Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos". Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998.

ANVISA. Legislação em Vigilância Sanitária, Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e potabilidade. Portaria 518 de 25 de março de 2004.

BAIR, COLIN. *Environmental chemistry*. 2 ed. New York: Bookman, 2002.

BARTH, O. M. Análise microscópica de algumas amostras de mel 1-pólen dominante. *An. Acad. Bras. Ciências*, Rio de Janeiro, 42(2): 351-366, 1970a.

BARTH, O. M.. Análise microscópica de algumas amostras de mel, 2-pólen Acessório. *An. Acad. Bras. Ciências*, Rio de Janeiro, 42(3): 571-590, 1970b.

BARTH, O. M. Análise microscópica de algumas amostras de mel 3-pólen isolado. *An. Acad. Bras. Ciências*, Rio de Janeiro, 42(3): 747-772, 1970c.

BARTH, O.M. O Pólen no mel brasileiro. Rio de Janeiro: *Luxor*, 150p, 1989.

BARTH, O.M. Pollen in monofloral honeys from Brazil. *J. Apic. Res.*, London, v.29, p. 89-94, 1990.

BARTH, O. M. Melissopalynological data obtained from a mangrove area near Rio de Janeiro, Brazil. *J. Apic. Res.*, London, 37(3): 155-163, 1998.

BASTOS, E. M., Caracterização do espectro polínico e propriedades físico-químicas do mel produzido em alguns campos antrópicos de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 104p., 1993.

BASTOS, E. M., Espectro polínico do mel produzido em algumas áreas antrópicas de Minas Gerais. *Rev. Brasil. Biol.*, 55(4): 789-799, 1995a.

BASTOS, E. M., BRANDÃO, M. & DAYRREL, I., Minas de mel. *Ciência Hoje*, 18(108): 26-28, 1995b.

BASTOS, E. M.; MADSEN, V. HONEY POLLINIC SPECTRUM PRODUCED IN MINAS GERAIS, *Braz. J. Biol.*, 63(4): 599-615, 2003.

BOGDANOV Stefan. Quality and Standards of pollen and beewax. *Apiacta*, 38 (2004) 334-341, 2003.

BOGDANOV STEFAN; HALDIMANN MAX; LUGINBUH WERNER; GALLMANN PETER. Minerals in honey : environmental, geographical and botanical aspects., vol. 46, nº4, p. 269-275, 2007.

CAROLI, S; G. FORTE; ALESSANDRELLI .M; CRESTI,R; SPAGNOLI, M; ILIO, S.D; PAUWELS, J; KRAMER, G. N. A pilot study for the production of a certified reference material for trace elements in honey. *Microchemical Journal* 67, 227- 233, 2000.

CARREIRA, L. M. M. & JARDIM, M. A. Análise polínica dos méis de alguns municípios do Estado do Pará. *II Bol. Museu Paraense Emilio Goeldi*, 10: 83-89, 1994.

CBA, site [www.brasilapicola.com.br/brasil-apicola](http://www.brasilapicola.com.br/brasil-apicola), 2010.

CELLI G., PORRINI C., RADEGHIERI P., SABATINI A.G., MARCAZZAN G.L., COLOMBO R., BARBATTINI R., GREATTI M., D'AGARO M.D. Honeybees (*Apis mellifera* L.) as bioindicators for the presence of pesticides in the agroecosystem. Field tests, *Insect Social Life* 1, 207–212, 1996.

CETESB: Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo, 2005, <http://www.cetesb.sp.gov.br/solo/relatorios/2010>.

CIMINO, G.; ZIINO, M.; PANUCCIO, M.R.F. Heavy metal pollution. Part X: impact of volcanic activity on Etnean honey. *Environ. Technol. Lett.* 5, 453-456, 1984.

CONTI, M. E. Lazio region (central Italy) honeys: a survey of mineral content and typical quality parameters. *Food Control*, v.11,p.459-463, 2000.

CONTI, M. E.; BOTRE, F. Honey bees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment* 69:267-282, 2001.

DESCHAMPS, E.; MATSCHLLAT, J. Arsênio antropogênico e natural: um estudo em regiões do Quadrilátero Ferrífero – Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente MG, p. 270, 2007.

DEVILLERS, J., J.; DORE, M.; MARENCO, F.; POIRIER-DUCHENE, N.; GALAND, AND C. VIEL Chemometrical analysis of 18 metallic and nonmetallic elements found in honey sold in France. *J. Agric. Food. Chem.* 50:5998-6007, 2002.

- DONADIEU, Y. El pollen: terapêutica natural. 4 ed. Paris: Malaine, 1979. p.32, 1979.
- DREISTADT, S.H. *et al.* Urban ecology and Insect Ecology. *Bioscienc* v. 40 n.3. p.192-198, 1990.
- Erdtman, G. The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 39 : 561-564, 1960.
- FERNÁNDEZ, M.C., E. SUBRÁ Y A. ORTIZ, La miel, indicador ambiental. Prácticas ecológicas para una agricultura de calidad. *I Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (Proceedings)*. Toledo, España. p. 37-46, 1994.
- FRANCHINI, R. A. A.; MATOS, R. C. Determinação da origem geográfica de méis comerciais brasileiros usando eletroforese capilar de zona. *30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química*, 2007.
- FRANKIE, G. W.; VINSON, S. B.; NEWSTROM, L. E.; BARTHELL, J. F.; HUBER, W. A. & FRANKIE, J. K. Plant phenology, pollination ecology, pollination behaviour and conservation of pollinators in neotropical dry forest. In *Reproductive ecology of tropical forest plants* (K. S. Bawa & M. Hadley, eds.). The Parthenon Publishing, Paris, p.37-47, 1990.
- FREDES, C. and MONTENEGRO, G. Heavy metals and other trace elements contents in Chilean honey. *Cien. Inv. Agr.* 33(1): 50-58, 2006.
- FREE, J.B. Factors determining the collection of pollen by honey bee forages. *Aim. Behav.*, v.15, p. 134-144, 1967.
- FREITAS, B.M. Potencial da caatinga para produção de pólen e néctar para a exploração apícola. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 140p. (Dissertação de Mestrado em zootecnia), 1991.
- GARCIA S. C.; GIODA , A.; NASCIMENTO, D. B. O problema da contaminação na determinação de traços de alumínio. *Química Nova*, 20(4), 1997.
- GŁOWACKA, E.; MIGULA, P.; NUORTEVA, S.L.; NUORTEVA, P; TULISALO, E. Psyllids as a Potential Source of Heavy Metals for Predators. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 32, p. 376–382, 1997.
- GOODLAND, R.; POLLARD, R. Aluminium and nutrient strategies of cerrado trees. *II Congresso Lation-Americano de Botânica*. Resumos. p. 71-72, 1978.
- GONÇALVES, I. S. A influência do comportamento das abelhas africanizadas na produção, capacidade de defesa e resistência a doenças. *Anais do Encontro sobre Abelhas*: p. 69. Ribeirão Preto, SP, 1994..
- GONÇALVES, L. S.; GRAMACHO, K. P. Impactos biológicos causados pela africanização das abelhas *Apis mellifera*. Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto 1999.
- HARIDASAN, M. Nutrição mineral de plantas nativas do cerrado. *R. Bras. Fisiol.Veg.*, 12(1): 54-64, 2000.

HERNANDEZ, O. H.; FRAGA, J.M.G.; JIMENEZ, A.L.; JIMENEZ, F.; ARIAS, J. J. Characterization of honey from canary Islands: determination of the mineral content by atomic absorption spectrometry. *Food Chem.* 93, 44, 2005.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). *Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. 4 ed: IAL, São Paulo, 2005. 1018p, 2005

IOANNIDOU, M. D.; ZACHARIADIS, G. A.; ANTHEMIDIS, A. N.; STRATIS, J. A. Direct determination of toxic trace metals honey and sugars using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Department of chemistry. Aristotle University of Thessaloniki, GR-541-24, 2004.

JONES, K.,C. Honey as indicator of heavy metal contamination. *Water-air and soil pollution*. 33 179, 1987.

KABATA-PENDIAS, A. *Trace elements in soils and plants*. 3 ed, VII - Bioindication. CRC. London, p.331, 2000.

KERR, W. E.; AMARAL, E. Fatores para o aumento da produção de mel do Estado de São Paulo. *O Solo*. Piracicaba. A. 49 n.1, p. 61-69, 1957.

KEVAN, P. G.; BAKER, H. G. Insects as flower visitors and pollinators. *Ann. Rev. Ent.*, 28: 407-53, 1983.

LEBLEBICI, Z.; AKSOY, A. determination of Heavy metal in honey samples from Central Anatolia using plasma optical emission spectrofotometry (ICP-OES). *Polish J. of Environ. Stud.* V.17, n 4 549-555, 2008.

LEITA L.; MUHLBACHOVA, G.; CESCO, S.; BARBATTINI, R.; MONDINI, C. Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination, *Environ. Monit. Assess.* 43, 1-9, 1996.

MADEJCZK, M.; BARALKIEWICZ. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to ther mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta*, 617, p 11-17, 2008.

MAPA. 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, 2001.

MATTOS, S. V. M.; BASTOS, E. M.; DAYRELL, I. O.; NELSON, D. L. Correlation between K,Mn,Fe, Cu and Zn in Natural Honeys from Eucalyptus sources. *Brasilian Archives of Biology and Technology*, v.41. n.2. p.17-178, 1998.

MAURIZIO, A. Microscopy of honey. In: *Honey: a comprehensive survey*. London: Crane, cap.7, 1975. p.240-257,1975.

MERCOSUL/GMC/RES N° 15/94. Regulamento técnico mercosul de identidade e qualidade do mel. Buenos Aires, 1994.

MIGULA, P.; BINKOWSKA, K.; KEDZIORSKI, A.; NAKONIEEZNY, M. Heavy metal contents and anelylate energe charge in insects from industrialized region as indices of

environmental stress. *Proceeding of the Vth International conference, Bioindicators deteriorisationis regionis*, II, p 340-349, 1989.

MORCELLI C.P.R., FIGUEIREDO A.M.G., SARKIS J.E.S., ENZWEILER J., KAKAZU M., SIGOLO J.B. PGEs and other traffic-related elements in roadsides soils from São Paulo, Brazil. *Sci Total Environ*, volume 345: 81p-91p, 2005.

NEGER, F.W. Experimentelle Untersuchungen ueber Russtaupilze. *Flora (Allig. Bot. Zeit)*, n.10, p. 67-139, 1918, apud BARTH, O. M. Análise microscópica de algumas amostras de mel-5-melato (honeydew) em abelhas. *Rev. Bras. Biol.*, Rio de Janeiro, v. 30, p. 60-68, 1970.

NETO, G. M.; NAMMOURA; FIGUEIREDO, A. M. G.; RIBEIRO, A. P.; SILVA, N. C.; TICIANELLI, R. B.; CAMARGO, S. P. Metais em solos urbanos: Avaliação da concentração em solos adjacentes á marginal do rio pinheiros. *International Nuclear Atlantic Conference – INAC*, Rio de Janeiro, 2009.

OSMAN, K. A. Mineral contents and physicochemical properties of natural honey produced in Al-Qassim region, Saudi Arabia. *Journal Food Agricultues & Environment* 5 (3-4): 142-146, jul-out 2007.

PEÃO, G. F. R. Implantação das boas práticas de fabricação na apicultura. *Anais do III Congresso Mineiro de Apicultura*, Belo Horizonte, jun - 2008.

PEDRO, S. R. M. and CAMARGO, J. M. F. Interaction on floral resources between the Africanized honey bee *Apis mellifera* L. ad the native bee community (Hymenoptera: Apoidea) in a natural “cerrado” ecosystem in Southeast Brazil. *Apidologie* 22: 397-415, 1991.

PODGORSKI, W.; KANONOUK, D. Honey as of environmental contamination with heavy metal. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skowska Sextio EE Zootechnica*. 22:359- 366, 2004.

POHL, P. Determiration of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries . *Trends in Analytical Chemistry*, v 28, n. 1, 2009.

PORRINI, C.; SABATINI, A. G.; GIROTTI, S.; GHINI, S.; MEDRZYCKI, P.; GRILLENZONI, F.; BORTOLOTTI, L.; GATTAVECCHIA, E. AND CELLI, G. Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta* 38, 63-70, 2003.

RAMALHO, M.; GUIBU, L. S.; GIANINI, T. C.; KLEINERT G.; A. & IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Characterization of some brazilian honey and bee plants through pollen analysis. *Journ. Apic. Res.*, 30: 81-86, 1991.

ROUBIK, D. W. *Competitive interactions between neotropical pollinators and Africanized. Honey bees*. Science 201: p,1030-1032, 1978.

ROUBIK, D. W. Ecology and natural history of tropical bees. New York: Cambridge Universyt, 514p, 1989.

SANTOS, C. F. Principais tipos de pólen encontrados em algumas amostras de mel. *Rev. Agricult.*, Piracicaba. V. 36, p. 93-96, 1961.

- SANTOS, C. F. Avaliação do período de florescimento das plantas apícolas no ano de 1960, através do pólen contido nos méis e dos coletados pelas abelhas (*Apis mellifera* L.). *An. ESALQ*, Piracicaba, n.21, p.253-261, 1964.
- SANTOS, S. N.; SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. Determinação de metais pesados em méis de abelha *Apis mellifera* por espectrofotometria de absorção e emissão atômica. *30a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. SBQ*, 2007.
- SCHIMER, L. R. Abelhas ecológicas. São Paulo: Nobel, p.218, 1986.
- SAHNLER, N.; GUL, A.; AKYOL, E.; OKSUZ, A. Heavy metals, trace elements and biochemical composition of different honey produce in Turkey. *Asian Journal of Chemistry*, 21-:3, 1887-1996, 2009.
- SIMEÃO, C. M. G. A importância relativa das plantas nativas como fontes de alimento para *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 (Hymenoptera, Apidae) em plantações de Eucalyptus no cerrado de Brasilândia de Minas, MG. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado, 2005.
- SOARES, S. M. Utilização de recursos alimentares por *Melipona rufiventris* (Apidae, Meliponina) no cerrado de Brasilândia de Minas, MG. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de mestrado, 2003.
- SOUZA, R. M. *Determinação de elementos refratários em óleo lubrificante usado e em óleo combustível por ICP OES após emulsificação da amostra*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Química da PUC-Rio .2003.
- STANCHER, B. Investigation on heavy metal concentration in honey produced in district of Trieste. *Industrie Alimentari* 44 (452): 1121 - 1126, 2005.
- TERRAB, A. F.; RECAMALES, M.; GONZÁLEZ-MIRET, AND HEREDIA, F. Contribution to the study of avocado honeys by their mineral contents using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry* 92(2): 305-309, 2004.
- VALKOVIC, V. *Trace Element Analysis*. Taylor and Francis LTD, London, UK, 1975.
- VELEMINSKY, M.; LAZNICKA, P.; STARY, P. Honeybees as environmental monitors of heavy metals Czechoslovakia. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*.190,87:1,37-44, 1990.
- WILMS, W.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. & ENGELS, W. Resource partitioning between highly eusocial bees and possible impact of the introduced africanized honey bee on native stingless bees in Brazilian Atlantic Rainforest. *Stud. Neotrop. Fauna & Environm*. Vol. 31: 137-151, 1996,
- ZAR, J. H. *Biostatistical Analysis*, 4.ed. Editora Prentice-Hall do Brasil Ltda. Rio de Janeiro, 1999.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)