



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
TECNOLÓGICA PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS
NATURAIS DA AMAZÔNIA INSTITUTO DE ENGENHARIA E
GEOCIÊNCIAS – IEG**

ADCLÉIA PEREIRA PIRES

**DIVERSIDADE POLÍNICA, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
PERFIL VOLÁTEIS DE MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO DE UM
MELIPONÁRIO URBANO DE BELTERRA, PARÁ**

SANTARÉM, PARÁ

2022

ADCLÉIA PEREIRA PIRES

**DIVERSIDADE POLÍNICA, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
PERFIL VOLÁTEIS DE MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO DE UM
MELIPONÁRIO URBANO DE BELTERRA, PARÁ**

Dissertação de mestrado apresentada à
Universidade Federal do Oeste do Pará –
UFOPA, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestra em Ciências
Ambientais, junto ao Programa de Pós-
Graduação *Stricto Sensu* em Recursos
Naturais da Amazônia.

Área de concentração:
Bioprospecção e Manejo de
Recursos Naturais da
Amazônia.

Orientador: Rosa Helena Veras Mourão

SANTARÉM, PARÁ

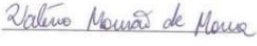


2022

Adcléia Pereira Pires

**DIVERSIDADE POLÍNICA, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
PERFIL VOLÁTEIS DE MÉIS DE ABELHAS SEM FERRÃO DE UM
MELIPONÁRIO URBANO DE BELTERRA, PARÁ**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais, junto ao Programa de Pós- Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Naturais da Amazônia.

Data de aprovação: 11 de novembro 2022.

<small>JULIANA DO NASCIMENTO BENDINI: 278454078 28</small>	<small>Assinado de forma digital por JULIANA DO NASCIMENTO BENDINI: 278454078 Data: 2022.11.16 17:15:59 -03'00'</small>
Dra. JULIANA DO NASCIMENTO BENDINI, UFPI	
Examinadora Externa à Instituição	
<small>Documento assinado digitalmente</small>	
<small>LUCIETA GUERREIRO MARTORANO</small>	
<small>Data: 20/11/2022 21:09:22-0300</small>	
Dra. LUCIETA GUERREIRO MARTORANO, EMBRAPA	
Examinadora Externa à Instituição	
<small>Documento assinado digitalmente</small>	
<small>LUCIETA GUERREIRO MARTORANO</small>	
<small>Data: 20/11/2022 23:09:22-0300</small>	
<small>Verifique em https://verificador.br.br</small>	
Dra. LUCIETA GUERREIRO MARTORANO, EMBRAPA	
Examinadora Externa à Instituição	
	
VALÉRIA MOURÃO DE MOURA, UEA	
Examinadora Interna	
<small>Documento assinado digitalmente</small>	
<small>ROSA HELENA VERAS MOURAO</small>	
<small>Data: 16/11/2022 17:09:07-0300</small>	
<small>Verifique em https://verificador.br.br</small>	
Dra. ROSA HELENA VERAS MOURAO, UFOPA	
Av. Vera Paz, s/nº, Salé, CEP 68135-110 – Santarém – PA – Brasil Telefax: •	
	
Universidade Federal do Oeste do Pará	
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA	
Presidente	
	
ADCLÉIA PEREIRA PIRES	
Mestrando	

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema Integrado Bibliotecas – SIBI/UFOPA

P667d Pires, Adcléia Pereira

Diversidade polínica, caracterização físico-química e perfil voláteis de méis de abelhas sem ferrão de um meliponário urbano de Belterra, Pará / Adcléia Pereira Pires – Santarém, 2022.

89 f.: il.

Orientadora: Rosa Helena Veras Mourão

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação Tecnológica, Instituto de Engenharia e Geociências – IEG, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.

1. Abelhas indígenas. 2. Características Sensoriais. 3. Meliponicultura. 4. Sazonalidade. I. Mourão, Rosa Helena Veras, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 638.198115

Bibliotecário-Documentalista: Ronne Clayton de Castro Gonçalves – CRB-2/1410

Dedico a Deus e a minha família, em especial ao meu esposo Erinel Rodrigues e aos meus amados filhos Jonival Mendonça, Rodrigo Pires e Pietro Roberto, a minha mãe Odete Pires (*In memoriam*), e as abelhas sem ferrão por sua existência.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação de **Recursos Naturais da Amazônia**, a Universidade Federal do Oeste do Pará (**UFOPA**), agradeço o apoio recebido pelo Programa Integrado de Pesquisa, Ensino e Extensão (**PEEx**) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos **meliponicultores da cidade de Belterra**, por todo conhecimento e vivência compartilhado desde o ano 2013 relacionado a meliponicultura urbana, o que me motivou a ser uma meliponicultora, entusiasta e pesquisadora. Aos meus amigos “**abelhudos**” aos antigos e aos novatos como meu amigo **João Ricardo** *in memoriam*. Aos meus amigos Taquinho e família e Dão e Família do Coroca, pelo laboratório ao céu aberto desde a graduação.

A minha orientadora **Profa. Dra. Rosa Helena Veras Mourão**, por aceitar o desafio da orientação na área de produtos de origem animal. Agradeço a oportunidade de convivência, o apoio, acolhimento e motivação profissional.

Aos **docentes, técnicos e coordenação** do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, por todo aprendizado e conhecimento compartilhado.

Ao laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental (**LabBBEx**) em nome da profa Rosa Mourão, em especial ao **Adenilson Barroso**.

Ao laboratório de Genética e Biodiversidade (**LGBio**), no nome do prof. Dr. Luis Reginaldo por emprestar o microscópio. Ao laboratório **Larsana** em nome do prof. Dr. Humberto Minervino por disponibilizar o espaço e equipamento. A querida **Dra. Favízia Oliveira** da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela identificação do material entomológico.

Aos meus queridos **colegas de turma**, que juntos compartilhamos grandes momentos.

Aos **meus amigos** amados que sempre torceram por mim e estiveram ao meu lado. Ao meu amado **esposo Erinel Rodrigues** e **meus lindos filhos, Jonival Mendonça, Rodrigo Pires e Pietro Roberto** pela grande parceria em tudo.

Em especial a minha mãe, **Odete Pires** *in memoriam*, eu sei do orgulho que sentiria desse ato de ousadia, estudando e buscando ser mestre. Agradeço a Deus que me oportunizou conhecer as abelhas sem ferrão e que me conduz a cada instante e escolha.

“Como a abelha trabalha na escuridão, o pensamento trabalha no silêncio e a virtude no segredo” (Mark Twain).

RESUMO

A meliponicultura, criação de abelhas sem ferrão, é uma atividade bioeconômica praticada na Amazônia, especialmente pelas populações das comunidades tradicionais. A atividade se enquadra nos conceitos do uso sustentável dos recursos naturais, por isso, é considerado a importância ecológica da interação inseto/planta como principais agentes polinizadores. O mel produzido por abelhas a partir do néctar recolhido de flores é o produto oriundo da colmeia mais usado pelo ser humano, seja como alimento ou com fins medicinais. Todavia, a composição físico-química, a qualidade e as características sensoriais são influenciados pela sazonalidade, origem botânica do néctar, condições edafoclimáticas, entomológica, métodos de colheita, processamento e armazenamento. A caracterização do mel de abelhas sem ferrão do Baixo Amazonas, oriundo de criação racional de meliponários urbanos ainda são escassos, sendo assim, o objetivo deste estudo foi conhecer o espectropolínico, avaliar se existe diferença no perfil físico-químico e dos constituintes voláteis de amostras de méis de seis espécies de abelhas sem ferrão nativas, criadas racionalmente em um meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil. Para tanto, foram coletadas 12 amostras de méis de abelhas sem ferrão diretamente das colmeias com técnicas de boas práticas de fabricação, em dois períodos: maio (período chuvoso) e outubro (período menos chuvoso) do ano de 2021. Foram realizadas as análises polínicas dos méis, por meio da melissopolinologia e físico-químicas (índice de acidez, cinzas totais, pH, umidade e sólidos solúveis, viscosidade e HMF). Os constituintes voláteis foram analisados por cromatografia em fase gasosa acoplado a espectrometria de massas (CG-EM). Os resultados foram divididos em dois capítulos, os quais estão apresentados no formato de manuscrito submetidos ou a submeter. No **capítulo I** avaliamos o espectro polínico das amostras de méis das diferentes espécies de abelhas sem ferrão (*Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes*), onde foi observado que as abelhas coletaram 90 tipos polínicos no período chuvoso (maio) e 102 tipos no período menos chuvoso (outubro). Os resultados demonstraram que a diversidade polínica observada nas amostras variou entre as espécies de abelhas e sugerem que *Tetragona clavipes* seja a espécie mais generalista enquanto a *Melipona seminigra* tenha diversificado menos a visitação botânica. No **capítulo II** os resultados obtidos revelaram que as amostras de méis de espécies de abelhas sem ferrão nativas colhidas no meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil apresentaram-se condizentes aos parâmetros indicados

pelas legislações vigentes no que se refere ao pH, à acidez total, ao teor de cinzas e às quantidades de HMF. No entanto, como esperado, o teor de umidade se apresentou acima do exigido pela legislação vigente em 11 amostras. Vale ressaltar que mesmo que a colheita tenha sido realizada contemplando os critérios das boas práticas de fabricação, o teor de umidade se manteve elevada e consiste em uma característica inerente ao mel de abelhas sem ferrão. O resultado referente à condutividade elétrica está relacionado com o teor de cinzas e acidez, e a viscosidade estão relacionados às características da espécie produtora, manipulação e ambientais. Os perfis dos constituintes voláteis variaram entre espécies produtoras e período de colheita, mesmo com as colmeias instaladas no mesmo ambiente.

Palavras-Chaves: Abelhas indígenas; Características Sensoriais; Meliponicultura; Sazonalidade.

ABSTRACT

Meliponiculture, the creation of stingless bees, is a bioeconomic activity practiced in the Amazon, especially by the populations of traditional communities. The activity fits into the concepts of sustainable use of natural resources and therefore considers the ecological importance of the insect/plant interaction as the main pollinating agents. The honey produced by bees from the nectar collected from flowers is the product from the hive most used by humans, either as food or for medicinal purposes. However, the physicochemical composition, quality and sensory characteristics are influenced by seasonality, botanical origin of the nectar, edaphoclimatic and entomological conditions, harvesting, processing and storage methods. The characterization of honey from stingless bees from the Lower Amazon, originating from the rational creation of urban meliponaries, is still scarce, therefore, the objective of this study was to know the pollen spectrum, to evaluate if there is a difference in the physical-chemical profile and in the volatile constituents of honey samples from six species of native stingless bees, rationally reared in an urban meliponary in Belterra, Pará, Brazil. To this end, 12 samples of honey from stingless bees were collected directly from the hives using techniques of good manufacturing practices, in two periods: May (rainy period) and October (less rainy period) of 2021. Pollen analyzes of the honeys were carried out, through melissopalynology and physicochemical (acidity index, total ash, pH, humidity and soluble solids, viscosity and HMF). The volatile constituents were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC- MS). The results were divided into two chapters, which are presented in the format of a manuscript submitted or to be submitted. In chapter I we evaluated the pollen spectrum of honey samples from different species of stingless bees (*Scaptotrigona* aff. *xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes*), where it was observed that the bees collected 90 pollen types in the rainy period (May) and 102 types in the less rainy period (October). The results showed that the pollen diversity observed in the samples varied between bee species and suggest that *Tetragona clavipes* is the most generalist species while *Melipona seminigra* has less diversified botanical visitation. In chapter II, the results obtained revealed that the samples of honey from native stingless bee species collected in the urban meliponary of Belterra, Pará, Brazil were consistent with the parameters indicated by current legislation with regard to pH, total acidity, to the ash content and the amounts of HMF. However, as

expected, the moisture content was above that required by current legislation in 11 samples. It is worth mentioning that even though the harvest was carried out considering the criteria of good manufacturing practices, the moisture content remained high and is an inherent characteristic of honey from stingless bees. The result regarding the electrical conductivity is related to the ash and acidity content, and the viscosity are related to the characteristics of the producing species, handling and environmental characteristics. The profiles of volatile constituents varied between producing species and harvest period, even with hives installed in the same environment.

Keyword: Indigenous bees; Functional foods; Meliponiculture; Seasonality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO I

- Figura 1:** Localização do meliponário da área urbana, Belterra, PA, Brasil.....30
- Figura 2:** Número de diferentes tipos polínicos por espécie de abelha em maio e outubro de 2021, em área urbana de Belterra, estado do Pará.....33
- Figura 3:** Frequência total de famílias utilizadas por espécies de abelhas de maio a outubro de 2021 em área urbana no município de Belterra, estado do Pará, Brasil.....34
- Figura 4:** Frequência total de tipos de pólen usados por espécies de abelhas de maio a outubro de 2021.35
- Figura 5:** Climatologia da precipitação mensal de Belterra, estado do Pará, Brasil 1971 a 2022.....44
- Figura 6:** Dendrograma de dissimilaridade baseado na frequência mensal de 70 tipos polínicos coletados pelas abelhas nos meses de maio e outubro/2021, pelo método de Ward e distância euclidiana45
- Figura 7:** Total de ocorrências de grãos de pólen da melissopalinoxia de méis coletados em maio de 202146
- Figura 8:** Total de ocorrências de grãos de pólen da melissopalinoxia de méis coletados em outubro de 2021.47
- Figura 9:** Análise de componentes principais das ocorrências de grãos de pólen da melissopalinoxia de méis coletados em maio e outubro de 2021.....48
- Figura 10:** Fotomicrografias dos grãos de pólen mais representativos por abelha/mês de méis coletados em maio e outubro de 2021.49

CAPÍTULO II

- Figura 1:** Localização do meliponário da área urbana, Belterra, PA, Brasil.....67
- Quadro 1-** Parâmetros físico-químicos de méis de abelha sem ferrão do meliponário urbano de Belterra, Pará.....80
- Quadro 2-** Constituintes voláteis de amostras de méis de seis espécies de abelhas sem ferrão de meliponário urbano de Belterra, Pará produzido em dois períodos (chuvoso e menos chuvoso).....83

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1: Frequências comparativas dos tipos polínicos presentes em amostras mensais de mel do ano de 2021.....	37
--	----

Capítulo II

Tabela 1: Amostras de méis de espécies de abelhas sem ferrão coletadas no meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil.....	69
--	----

LISTA DE SIGLAS

Anvisa – Agência de Vigilância Sanitária
ANAC- *Anacardiaceae*
ASF – Abelhas sem ferrão
BUR- *Burseraceae*
CAE – *Fabaceae/Caesaepinioideae*
CG-DIC-Cromatografia em fase gasosa com detector de ionização de chamas
CG-EM-cromatografia em fase gasosa acoplado a espectrometria de massas
EUP – *Euphorbiaceae*
EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fri – *Friseomellita longipes*
HMF -Hidroximetilfurfural
IAL – Instituto Adolfo Lutz
LabBBEx- Laboratório de Bioprospecção e Biologia Experimental
MALP – *Malpighiaceae*
MAPA- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MELA- *Melastomaceae*
Ms -*Melipona seminingra*
MYR – *Myrtaceae*
Oct - October.
PA- Pará
pH - Potencial Hidrogeniônico
SisGen- Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado
UFOPA- Universidade Federal do Oeste do Pará
RUB- *Rubiaceae*
RI^c = Índice de Retenção Calculada
RI^l = Índice de Retenção da Literatura
Sp- *Scaptotrigona polysticta*
Sx- *Scaptotrigona xanthotricha*
Tan- *Tetragonisca angustula*
Tc- *Tetragona clavipes*

Sumário

INTRODUÇÃO	17
Objetivo Geral	20
Objetivo Específicos.....	20
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO I	25
Pollen spectrum of honey from native bees reared in meliponary in an urban area of Belterra, state of Pará, Amazon, Brazil.....	25
1. Introduction	28
2. Material and Methods.....	30
3. Results	33
4. Discussion.....	49
5. Final Considerations	53
6. Agradecimentos	54
7. Declaration of interest.....	54
8. References.....	55
CAPÍTULO II.....	65
Análise físico-químico e concentrados voláteis de méis multiflorais produzidos por espécies de abelhas sem ferrão amazônica, instaladas em meliponário urbano, Belterra, Pará, Amazônia.....	61
1. Introdução.....	65
2. Material e Métodos.....	66
3. Resultados e Discussão.....	75
4. Conclusão	84
5. Referências	85
Considerações Finais Geral	94
Apêndice	96

Introdução

As abelhas sem ferrão nativas também conhecidas como abelhas indígenas, são da tribo Meliponini, possuem uma relação íntima com espécies vegetais de florestas tropicais, sendo consideradas como os principais agentes polinizadores por se alimentarem quase que exclusivamente de pólen e néctar (VELTHUIS, 1997; MICHENER, 2013; ABSY *et al.*, 2018), prestam serviços ecossistêmicos quando procuram por alimentos nas flores (BARBOSA *et al.*, 2017).

A região Amazônica tem registros de inúmeras espécies de abelhas sem ferrão nativas (CARVALHO-ZILSE, 2013) e em relação às espécies catalogadas em regiões neotropicais (418) mais da metade destas estão em áreas de Amazônia Legal e os registros do estado do Pará apontam para 114 à 119 espécies de abelhas sem ferrão (PEDRO, 2014).

A meliponicultura, criação racional de abelhas sem ferrão, é uma atividade bioeconômica praticada na Amazônia pelas populações das comunidades ribeirinhas, indígenas e quilombolas, se enquadrando nos conceitos do uso sustentável dos recursos naturais, “mantendo a floresta em pé”, contribuindo para a perpetuação das espécies da flora e fauna, através dos serviços de polinização prestado pelas abelhas. Dessa maneira, validando a importância ecológica da interação inseto/planta, além de ser uma alternativa viável e de baixo investimento, aumentando a renda das famílias (SOUZA *et al.*, 2013; COSTA *et al.*, 2018; NOGUEIRA-NETO, 1997).

As abelhas sem ferrão produzem própolis, cera, samburá e mel, armazenam em seus ninhos ou colmeias (NOGUEIRA-NETO, 1997). O mel devido às suas características físico-químicas, sensoriais, propriedades terapêuticas e funcionais é o mais apreciado pelos consumidores (RAMÓN-SIERRA *et al.*, 2015; ROLIM *et al.*, 2018; WALTRICH & CARVALHO, 2020). Trata-se de um alimento viscoso, aromático e geralmente adocicado, produzido a partir do néctar das flores, exsudatos de plantas ou excreções de insetos sugadores, elaborado pelas abelhas que as transformam e combinam com substâncias exclusivas, armazenado em potes de cerume (BRASIL, 2000).

A composição do mel está relacionada à origem botânica, geográfica, disponibilidade das plantas provedoras do néctar e fisiologia da espécie da abelha, proporcionando particularidades em sua composição química, física, bioquímica e sensorial (PITA-CALVO; VÁZQUEZ, 2018) reafirmando que os métodos de colheita, manejo, manipulação e processamento empregados influenciam nas propriedades e na qualidade final do mel (MACHADO *et al.*, 2020; MACHADO DEMELO *et al.*, 2018; ESTEVINHO *et al.*, 2016; ARAÚJO *et al.*, 2017)

sendo necessário umas adequações para inserção do mel de abelhas sem ferrão no mercado formal (CARVALHO-ZILSE e NUNES-SILVA 2012; CARVALHO et al. 2013).

A relação das abelhas com a flora é íntima, uma coevolução, da fauna e flora, pois a produção e reprodução da vegetação nativa e cultivadas são dependentes dos polinizadores e a alimentação das colméias e colônias dependem do florescimento para realização da coleta de néctar e pólen para alimentação das abelhas e suas crias nascentes, portanto, o tipo de sítio florístico próximo às instalações das colônias ou colmeias irão definir a qualidade e características do mel (SANTOS, 2009; OLIVEIRA et al., 2017).

De acordo com Barth (1989) as abelhas ao coletar o néctar das flores, “*involuntariamente coletam também o pólen*”, sendo este regurgitado junto com o néctar. Por isso que o pólen é presente no mel, tornando – se um importante indicador para sua origem botânica e geográfica. Portanto conhecer a flora meliponícola possibilita ao meliponicultor a colheita de méis com diferentes aspectos característicos (cor, aroma, sabor e composição) (SOUSA et al., 2016).

O espectro polínico refere-se às plantas fornecedoras de néctar, às não fornecedoras, a contaminações, falsificações e misturas (BARTH, 1989). A análise polínica possibilita sua certificação, com informações que podem ser inseridas em seu rótulo, fortalecendo a inserção dos produtos no mercado, valorizando a região produtora, preservação ecológica e cultural, além de evitar adulteração (VERZERA et al., 2014; SPANIK et al., 2014; KARABAGIAS et al., 2014). Isso poderá classificar o mel de acordo com a espécie, origem botânica e geográfica.

A técnica mais usada para determinar a origem floral na meliponicultura é a melissopalínologia, onde os grãos de pólen são identificados, por meio de análise microscópica, de acordo com sua família botânica (BARTH, 2005). Porém, a possibilidade de determinar a identidade do mel floral também é possível a partir da detecção e identificação dos compostos voláteis presentes nas amostras (BOGDANOV et al., 2004).

Portanto, a avaliação do perfil dos constituintes voláteis do mel pode ser uma ferramenta importante para identificação de certos compostos presentes, oriundos da origem botânica, permitindo identificar os méis de acordo com a floração visitada (CASTRO- VAZQUES et al., 2012; THAIR et al., 2016). Desta forma, os estudos relacionados a caracterização físico-química, espectro polínico e perfil dos compostos voláteis da variedade de méis produzido pelas abelhas sem ferrão nativas são de suma importância para a caracterização dos méis de uma determinada região.

Vale ressaltar que, o controle de qualidade exigido pela Legislação brasileira é baseado no mel de *Apis mellifera*, realizado a partir dos seguintes parâmetros físico-químicos: açúcares redutores, sacarose aparente, umidade, atividade diastásica, hidroximetilfurfural (HMF), acidez,

cinzas e sólidos insolúveis em água (BRASIL, 2000). Tais parâmetros não contemplam o mel de abelhas sem ferrão, devido suas particularidades. Vários estados do Brasil vem regulamentando a meliponicultura e seus produtos com criação de Projeto de Lei Estadual ou com autorização de manejo e decretos de instruções normativas para controle de qualidade.

Os estudos são necessários de acordo com a diversidade de espécies de abelhas sem ferrão, origem geográfica e sazonalidade, identificando a origem do produto, qualidade e preferência do consumidor. Portanto, a escolha das espécies de abelhas sem ferrão *Melipona seminigra* (Friese, 1903), *Scaptotrigona aff. xanthotricha* (Moure, 1950), *Scaptotrigona polysticta* (Moure, 1950), *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804), *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Friseomelitta longipes* (Smith, 1854) para o presente estudo foi influenciado pelo fato de serem comuns sua criação racional nos meliponários urbanos de Belterra, Pará.

As primeiras quatro espécies de abelhas sem ferrão produzem mel em maior escala e são comercializados pelos meliponicultores em sistema de venda direta, com o valor variando de R\$ 60,00 - 120,00, enquanto as duas últimas espécies são de menor interesse em sua criação pelos meliponicultores, devido à baixa produção de mel, além disso a viscosidade da *Friseomelitta longipes* dificulta sua colheita. Viana *et al.*, (2021) registraram em sua pesquisa na área urbana de Belterra, Pará a criação e manejo de oito espécies de abelhas sem ferrão nos quintais agroflorestais.

Apesar de toda a alteração na paisagem natural, devido às ações antrópicas para o cultivo agrícola e construção civil, a região apresenta fatores favoráveis como mata secundária (espécies nativas) e muitas frutíferas que contribuem para o desenvolvimento da atividade meliponícola (VIANA *et al.*, 2021). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi conhecer o espectro polínico, avaliar o perfil físico-químico e os constituintes voláteis de méis de seis espécies de abelhas sem ferrão nativas, criadas racionalmente em meliponário urbano de Belterra, Pará, como forma de contribuir no desenvolvimento de uma legislação específica para abelhas sem ferrão da região.

Sabendo que os parâmetros de controle de qualidade de méis de abelhas sem ferrão são passíveis de diferenciação ou avaliamos amostras de méis de seis espécies de abelhas sem ferrão da Amazônia: *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes* obtidas de meliponário de área urbana de Belterra, Baixo Amazonas (Pará, Brasil).

Os resultados foram divididos em dois capítulos, os quais estão apresentados no formato de manuscrito submetidos ou a submeter. No Capítulo I, o objetivo foi identificar os tipos polínicos encontrados no espectro de mel de seis espécies de abelhas sem ferrão da Amazônia:

Scaptotrigona aff. xanthotricha, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Frieseomelitta longipes* em um meliponário de área urbana de Belterra, Baixo Amazonas (Pará, Brasil) e no capítulo II, avaliar as características físico-química e perfil dos constituintes voláteis das amostras de meias das seis espécies de abelhas sem ferrão coletadas nos meses de maio (chuvoso) e outubro (menos chuvoso) de 2021.

OBJETIVOS

Geral:

Conhecer o espectro polínico, avaliar se existe diferença no perfil físico-químico e dos constituintes voláteis de amostras de meias de seis espécies de abelhas sem ferrão nativas, criadas racionalmente em um meliponário urbano de Belterra, Pará.

Específicos:

Identificar os grãos de pólen contido em amostras de meias das espécies de abelhas *Melipona seminigra* (Friese, 1903), *Scaptotrigona aff. xanthotricha* (Moure, 1950), *Scaptotrigona polysticta* (Moure, 1950), *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804), *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Frieseomelitta longipes* (Smith, 1854) em meliponário urbano de Belterra, Pará, visando subsidiar estratégias de conservação e manejo no aumento da produtividade meliponícola local;

Analisar os índices de diversidade, equitabilidade para *Melipona seminigra* (Friese, 1903), *Scaptotrigona aff. xanthotricha* (Moure, 1950), *Scaptotrigona polysticta* (Moure, 1950), *Tetragona clavipes* (Fabricius, 1804), *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811), *Frieseomelitta longipes* (Smith, 1854) criadas em meliponário urbano em Belterra, Pará;

Determinar a caracterização físico-química por meio dos parâmetros: índice de acidez, cinzastotais, pH, umidade e sólidos solúveis, viscosidade e HMF (hidroximetilfurfural) de seis espécies de abelhas sem ferrão nativas, obtidas de meliponário urbano de Belterra, Pará, coletadas em diferentes períodos (chuvoso e menos chuvoso);

Avaliar o perfil dos constituintes voláteis das amostras de méis de abelhas nativas sem ferrão.

Referências

ABSY, M.L.; RECH, A.R; FERREIRA, M. G. **Pollen Collected by Stingless Bees: A Contribution to Understanding Amazonian Biodiversity.** In: Vit P, Pedro SRM, Roubik D, editors. *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. 1st ed. Berlim (GER): Springer International Publishing; p. 29–46. 2018.

ARAÚJO J.S.; CHAMBÓ E.D.; COSTA M.A.P.C.; CAVALCANTE DA S.M.P.S.; LOPES DE CARVALHO C.A.; ESTEVINHO ML. **Chemical composition and biological activities of mono- and heterofloral bee pollen of different geographical origins.** *International Journal of Molecular Sciences*, 18: 1-15. 2017.

BARBOSA, D. B.; CRUPINSKI, E. F.; SILVEIRA, R. N.; LIMBERGER, D. C. H. **As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização.** *Rev. Elet. Cient. UERGS*, v. 3, n. 4 (Número Especial),p. 694-703, 2017.

BARTH, M. O et al. **Determinação de parâmetros físico-químicos e da origem botânica de méis indicados do sudeste do Brasil.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n.2, p. 229-233, 2005.

BOGDANOV, S.; RUOFF, K.; PERSANO, L.; **Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review.** *Apidologie, Roma*, v. 35, n. 1, p. 4-17, 2004.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Instrução normativa 11, de 20 de outubro de 2000.** Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 2000. p. 16-17.

CARVALHO-ZILSE, G.A. **Produção de polinizadores para a agricultura na Amazônia.** pp. 19- 26. In: NODA, L. A. G. SOUZA & D. F. S. Filho (Eds.) *Pesquisas agronômicas para a agricultura sustentável na Amazônia central.* Nerua/CSAS/INPA, 2013.

CASTRO-VÁZQUEZ, L. et al. **Floral origin markers for authenticating Lavandin honey (*Lavandula angustifolia* x *latifolia*)**. Discrimination from Lavender honey (*Lavandula latifolia*). *Food Control*, v. 37, p. 362-370, 2014.

COSTA, A. C. V. da et al. **Sensory and volatile profiles of monofloral honeys produced by native stingless bees of the Brazilian semiarid region**. *Food Research International*, v. 105, n. October 2017, p. 110–120, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.043>>.

ESTEVINHO, L.M. et al. **Characterization of *Lavandula* spp. honey using multivariate techniques**. *PLoS One*, v. 11, n. 9, e0162206, 2016. Disponível: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0162206&type=pdf> >. Acesso: 29 de Março de 2021.

KARABAGIAS, I. K. et al. **Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics**. *Food Chemistry*, 146, 548–557, 2014.

MACHADO DE MELO, A. A. et al. **Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review**. *Journal of Apicultural Research*, v. 57, n.1, p. 5 - 37, 2018.

MACHADO, A. M; MIGUEL M. G; VILAS-BOAS M. FIGUEIREDO A. C. **Honey Volatiles as a Fingerprint for Botanical Origin-A Review on their Occurrence on Monofloral Honeys**. *Molecules*. Jan 16;25(2):374. 2020.

MICHENER, C. D. The Meliponini. **In:** Vit, Patrícia; Silvia Regina de Menezes Pedro & David W. Roubik. **Pot-Hone: a legacy of stingless bees**. New York: Springer; 2013. p. 3-18.

MOURE, J.S.; KERR, W.E. **Sugestões para a modificação da sistemática do gênero *Melipona* (Hymenoptera, Apoidea)**. *Dusenya*, v.1, n. 2, p. 125-129, 1950.

NOGUEIRA-NETO, P. **Vida e criação de abelhas indígenas sem ferrão**. São Paulo: Nogueirapis.446p. 1997.

OLIVEIRA, F.F.; RICHERS, B.T.T.; SILVA J.R.; FARIAS R.C.; MATOS, T.A.L. Guia Ilustrado das Abelhas “Sem-Ferrão” das Reservas Amanã e Mamirauá, Brasil (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). Tefé: IDSM, 267 p. 2013.

OLIVEIRA, R. G. De; JAIN, S.; LUNA, A. C.; FREITAS, L. dos S.; ARAÚJO, E. D. De. **Screening for quality indicators and phenolic compounds of biotechnological interest in honeysamples from six species of stingless bees (Hymenoptera: Apidae)**. Food Science and Technology, v. 37, p. 552–557, 2017.

PEDRO, S. R. M., **The stingless bee fauna in Brazil (Hymenoptera: Apidae)**. Sociobiology, 61:348-354. 2014.

PITA-CALVO, C., & VÁZQUEZ, M. **Honeydew Honeys: Uma revisão sobre a caracterização e autenticação de origens botânicas e geográficas**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66 (11), 2523–2537. 2018.

RAMÓN-SIERRA, J. M. et al. **Electrophoresis characterisation of protein as a method to establish the entomological origin of stingless bee honeys**. Food Chemistry, v.183, p. 43-48,2015.

ROLIM, M. B. D. Q.; ANDRADE, G. P.; ROLIM, A. M. Q.; QUEIROZ, A. P. F.; CAVALCANTI, E. F. T. S. F.; MOURA, A. P. B. L. & LIMA, P. F. **Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade no Brasil: revisão**. Medicina Veterinária (UFRPE), 12(1), 73 - 81. 2018.

SANTOS, D. C.; NETO, L. G. M.; MARTINS, J. N.; SILVA, K. F. N. L. **Avaliação da qualidade físico-química de amostras de méis comercializados na região do Vale do Jaguaribe - CE**. Revista Verde, 4, 21 - 26. 2009.

SOUSA, . M. B. et al. **Aspectos físico-químico e perfil sensorial de méis de abelhas sem ferrão da região do Seridó**, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Ciências Agrárias, v.

34, n. 4, p. 1765-1774, 2013.

SOUSA, J. M. B.; SOUZA, E. E.; MARQUES, G.; BENASSI, M. T.; GULLON, B.; PINTADO, M. M.; MAGNANI, M. **Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced different stingless bee species in Brazilian semi-arid region.** LWT - FoodScience and Technology, v. 65 p. 645 - 651, 2016.

SPANIK, I.; PAZITNA, A.; SISKÁ, P.; et al. **The determination of botanical origin of 80 honeys based on enantiomer distribution of chiral volatile organic compounds.** Foods 381 Chemistry, v.158, p. 497-503, 2014.

TAHIR, H. E.; XIAOBO, Z.; TINTING, S.; JIYONG, S.; MARIOD, A. A. **NearInfrared (NIR) Spectroscopy for Rapid Measurement of Antioxidant Properties and Discrimination of Sudanese Honeys from Different Botanical Origin.** Food Analytical Methods, v. 9, n. 9, p. 2631–2641, 2016.

VELTHUIS, H.H.W. *Biologia das abelhas sem ferrão*. São Paulo. USP. 33p. VOSSLER, F.G., FAGUNDEZ, G.A., BLETTLER, D.C. (2014) **Variability of Food Stores of *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from the Argentine Chaco Based on Pollen Analysis.** Sociobiology 61:449–460, 1997.

VERZERA, A. et al. **Chiral volatile compounds for the determination of orange honey authenticity.** Food Control, v. 39, p. 237-243, 2014.

VIANA, A. P. DA S.; PAULETTO, D.; GAMA, J. R. V. ; PIRES, A. P.; AZEVEDO, H. H. F.; PACHECO, A. **Meliponiculture in agroforestry systems in Belterra, Pará, Brazil.** ACTA Apicola Brasilica. v.9, e 7913, 2021. Pombal, Paraíba, Brasil.

WALTRICH, C. & CARVALHO L. F. D. **Study of physical and chemical properties during storage of honey produced in the region of Blumenau, Research, Society and Development.** Brasil, 9(7), 4959 - 7407. 21.

CAPÍTULO I

Pollen spectrum of honey from native bees reared in meliponary in an urban area of Belterra, state of Pará, Amazon, Brazil

Adcléia Pereira Pires, Rogério Ribeiro de Souza, Chieno Suemitsu, Rosa Helena Veras Mourão

¹Submetido Palynology em 05/09/2022 - <https://www.tandfonline.com/journals/tpal20>

Pollen spectrum of honey from native bees reared in meliponary in an urban area of Belterra, state of Pará, Amazon, Brazil

Adcléia Pereira Pires^a, Rogério Ribeiro de Souza^b, Chieno Suemitsu^c, Rosa Helena Veras Mourão^{a,*}

a Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia – Universidade Federal do Oeste do Pará - Vera Paz - Salé, Santarém - PA, 68040-255 - Campus Tapajós

b Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas -Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA, Brazil

c Instituto de Ciências da Educação - Universidade Federal do Oeste do Pará

*Corresponding author: Rosa Helena Veras Mourão E-mail: rosa.mourao@ufopa.edu.br
address street Vera Paz - Salé, Santarém - PA, 68040-255 (UFOPA - Campus Tapajós).

Adcléia Pereira Pires – Bachelor’s degree in Animal Science from the Federal University of WesternPará, Master’s student in the Graduate program in Natural Resources of the Amazon. Working in Research with native bees in the Amazon.

¹O artigo apresentado foi redigido conforme as diretrizes de submissão da revista, normas indicadas para a redação de artigos estão disponíveis no link <https://www.tandfonline.com/journals/tpal20>.

Rogério Ribeiro de Souza – Degree in Biology, Master in Society, Environment and Quality of Life from the Federal University of Western Pará, Doctoral student in Biological Sciences/Tropical Botany at the Emilio Goeldi Museum/Federal Rural University of the Amazon working in Palynology/Melissopalynology.

Chieno Suemitsu – Degree in Biological Sciences from the Federal University of São Carlos, Master in Biological Sciences from the Federal University of Pará. She is currently a professor at the Federal University of Western Pará, with experience in Botany, with emphasis on Floristics, Taxonomy and Plant Ecology.

Rosa Helena Veras Mourão – Degree in Biological Sciences, Master in Plant Biochemistry from the Federal University of Ceará, PhD in Biological Sciences from the Federal University of Pernambuco. She has experience in the field of Biochemistry, with emphasis on Medicinal Plants, and natural products from the Amazon.

Pollen spectrum of honey from native bees reared in meliponary in an urban area of Belterra, state of Pará, Amazon, Brazil.

This study aimed to identify the pollen resources found in honey spectrum of six Amazonian stingless bee species: *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polystica*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes* in a meliponary in the urban area of Belterra, Low Amazonas (state of Pará, Brazil). Twelve honey samples were collected, six in May and six in October 2021. After acetolysis, 70 pollen types were identified, distributed in 22 families, 52 genera and five undetermined types. The total number of sources used by bees were: *Scaptotrigona polystica* (37), *Tetragona clavipes* (26), *Friseomelitta longipes* (28), *Scaptotrigona aff. Xanthotricha* (24), *Tetragonisca angustula* (19) and *Melipona seminigra* (19). *Tetragona clavipes* diversified most visits to pollen sources and collected a greater number of pollen types. The most visited plant families regarding the number of pollen types were Fabaceae (23%), Myrtaceae (14%), Anacardiaceae (12%), Melastomataceae (9%), Malphigiaceae (8%), Euphorbiaceae (8%), Rubiaceae (8%), Arecaceae (3%), Malvaceae (3%) and Sapindaceae (1%). Of the 70 pollen types determined, ten presented a frequency greater than 3% and totaled 47% pollen found in honey for the species of bees, where the main genera were *Borreria* (8%), *Byrsonima* (8%), *Miconia* (7%), *Tapirira guianensis* (7%), *Spondias mombin* (4%), *Croton* (4%), *Sclerolobium hypoleucum* (3%), *Chamaecrista* (3%), Myrtaceae 1 (3%) and *Eugenia* (3%). The use of pollen sources varied according to the species; *Tetragona clavipes* showed a broader and more diversified diet, while *Melipona seminigra* had the least diversified diet. The bees collected 90 pollen types in the rainy season (May) and 102 types in the less rainy season (October).

Key words: meliponiculture; palynology; honey plants; pollen; seasonality.

1. Introduction

The rational breeding of stingless bees in the Amazon has positive impacts with pollination services and food production, such as honey, pollen and propolis, promoting economic, social and environmental development (Biesmeijer et al. 2006; Alves-dos-santos et al. 2014; Maués 2014; Rechet et al. 2014; IPBES 2016; Absy et al. 2018; BPBES 2019). Therefore, Melipona beekeepers are important agents in the process of conservation of these insects, food production through the pollination service and food from hives (Ferreira and Absy 2017a, b; Rezende et al. 2018, 2021; Absy et al. 2018; Souza et al. 2020).

However, the landscape has been changing over time, human actions have been harming bees with the lack of melittophilous pasture (Godar et al. 2012; Fearnside 2017). Thus, it is necessary to know the floristic preferences according to the bee species in order to offer food options (Ricketts et al. 2008; Rech et al. 2014; Souza et al. 2021).

Technification and management of stingless bees in Belterra, state of Pará, Amazon is justified by the fact that this region presents favorable conditions, such as hot weather, diversity of plants flowering throughout the year, which provide pollen, nectar and resin, which can be managed (Venturieri 2008; Pires et al. 2021). Because the demand for honey diversity and its added value has heated up the chain and encouraged its development.

Pollination made by meliponines in the Amazon is considered a great ecological benefit for this biome. The Amazon region has a rich fauna of these insects, guaranteeing the production of fruits and seeds, through pollination, promoting the conservation of plant species and the survival of their colonies (Frazão 2013; Ferreira and Absy 2017a, b; Absy et al. 2018; Rezende et al. 2018).

The relationship between bees and flowers allows the direct or indirect identification of food sources of these insects, from observations of bees foraging on flowers to when food sources are revealed after bees forage for food. One of the most used methods internationally is the analysis of pollen grains in honey samples, which can give a valuable contribution to the knowledge of the flora used in bee and production, helping to characterize the botanical origin of the resource used (Oliveira et al. 2009; Marques et al.

2011; Novais and Absy 2013, 2015; Vossler et al. 2014; Ferreira and Absy 2017 a, b; Absy et al. 2018; Souza et al. 2018; Ferreira et al. 2021).

Pollen grains collected by bees can serve as a tool for identifying vegetative species, in addition to helping to clarify the relationship between pollinators and local flora. According to Winfree et al. (2009), many species of bees of the tribe Meliponini are capable of building nests and foraging on anthropized environments, however, sites with greater availability and variety of vegetation tend to offer a richer and more diversified diet for bees. and therefore, a greater diversity of species.

In view of the above, it is valid to know the richness of the melittophilous pasture and the food preference of the stingless bee species most rationally bred in the urban area of Belterra, state of Pará, as this knowledge is essential to promote the creation and conservation of species of bees as well as flora, as well as for the promotion of the meliponiculture chain and the production of healthy foods.

The objective of this study was to identify the pollen resources found in the .pollen spectrum of honey from six species of stingless bees from the Amazon: *Friseomelitta longipes* (Smith, 1854), *Melipona (Michmelia) seminigra pernigra* (Moure & Kerr, 1950), *Scaptotrigona aff. xanthotricha* Moure, 1950, *Scaptotrigona polystica* Moure, 1950, *Tetragona clavipes*, (Fabricius, 1804) and *Tetragoniscaangustula* (Latreille, 1811), in a meliponary in the urban area of the municipality of Belterra, Low Amazonas (state of Pará, Brazil), in the months of May and October 2021.

2. Material and Methods

2.1. Study area

Figure 1 shows the municipality of Belterra, state of Pará, Brazil, where honey samples were collected. In Belterra, 16 breeders of stingless bees were identified, totaling 1,463 hives with 12 species already identified and five without identification.

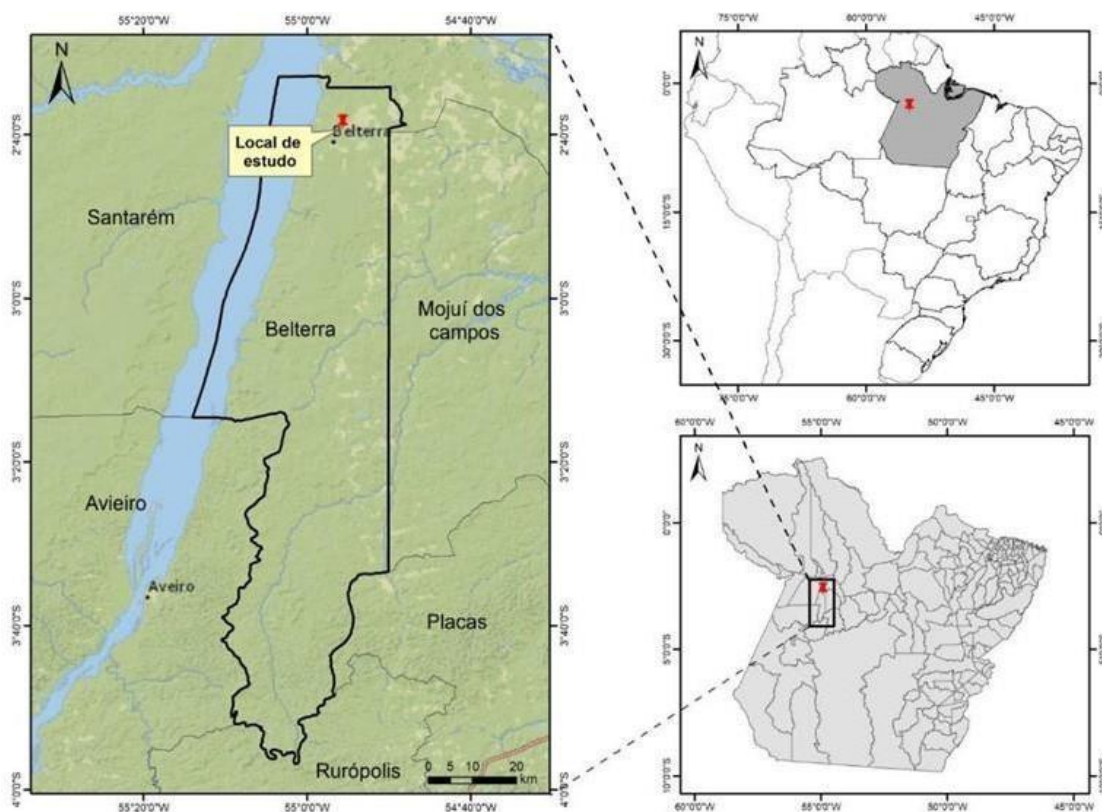


Figure 1. Location of the meliponary in the urban area, Belterra(PA), Brazil.

Source: Prepared by the authors, 2022.

The climate in Belterra is humid, continental equatorial in the Central Amazon, presenting high heat, with average annual temperatures between 26 and 28 °C, high humidity, with average annual values between 80 and 85% data provided by the National Institute of Meteorology (INMET). The average annual rainfall varies between 2,000 and 2,800 mm. The rainy season on average lasts around 6 months, from December to July, although the wettest period is between February and May. Regarding plant typology, agroforestry systems predominate in the study area (Viana et al. 2020) with gardens in front of the houses.

For bee identification, 9 individuals (workers) of each species of the study were collected in hives implanted in the meliponary. Bees were collected in a killing chamber, packed for transport to the laboratory, later mounted and labeled, sent for identification by specialist

Favízia Freitas de Oliveira from the Laboratory of Bionomy, Biogeography and Systematics of Insects, Federal University of Bahia, Brazil.

2.2. Honey collection

Honey samples were collected in May and October 2021, which represent the rainy and less rainy seasons in the Amazon, respectively. Twelve honey samples were taken, 02 samples for each bee species in both periods. Collections were always carried out in the same bee box. The honey was removed using a 20 mL syringe. Whenever possible, approximately 10 mL honey was obtained, which was placed in sterile amber flasks, hermetically sealed and properly identified. Subsequently, samples were kept in a refrigerator at a temperature of 10 °C until the beginning of the analyses.

Considering the period of honey collection, in this same period, flowering plants were sampled in a radius of 1,000 m around the meliponary. Exsiccates were prepared, identified and deposited in the STM Herbarium, Federal University of Western Pará (UFOPA).

2.3. Chemical processing and Slide mounting

In the laboratory, acetolysis (Erdtman, 1960) was performed by following the recommendation of Jones and Bryant (2004), using 95% ethanol (ETOH) for the initial dilution of honey. After acetolysis, at least three slides were mounted for each sample using Kissler's glycerin gelatin (Salgado-Laboriau, 1961 apud 1973), sealed with paraffin.

2.4. Pollen analysis

In the quantitative analysis, 600 pollen grains were counted for each honey sample, according to Vegeon (1964). Pollen types were classified, based on the percentage recorded in the samples, according to Louveaux (1978): dominant pollen ($P > 45\%$), accessory pollen ($S = 16$ to 45%), important isolated pollen ($Im = 3$ to 15%) and occasional isolated pollen ($m < 3\%$). To identify pollentypes – a concept according to Joosten and De Klerk (2002) and De Klerk and Joosten (2007) – specialized palynological literature were used (e.g., Roubik and Moreno, 1991; Carreira et al., 1996), as well as consultation with the

Palinoteca of the National Institute for Amazonian Research (INPA).

After microscopic analysis, pollen types were photomicrographed. The study slides deposited in the Palinoteca of the Laboratory of Botany and Palynology (LABOP) of the Institute of Biodiversity and Forests (IBEF) of UFOPA.

Data on rainfall during the sampling period were obtained from National Institute of Meteorology- INMET, meteorological station of the state of Pará (INMET/PA 2021).

2.5 Data analysis

After identifying the pollen types, analyses were performed using community ecology tools, considering pollen types as biological units. In this sense, the following ecological parameters were calculated: richness (number of pollen types found in the samples), relative frequency (percentage of grains of each type in relation to the total of 600 grains per sample), and indices of diversity, evenness between bee species.

The diversity of pollen types for each bee was calculated from the Shannon-Wiener index ($H = -\sum p_i \log p_i$, where p_i = proportion of type i pollen grains and \ln = Napierian logarithm). To calculate the diversity, the Past 2.17 software was used (Hammer et al. 2001).

The evenness ($e = H'/\log S$, where H' = Shannon index and S = richness of pollen types), derived from the Shannon index, allows to represent the uniformity of the distribution of pollen grains found in the pollen spectrum of the bees of the study (range 0 to 1) (Pielou 1966).

To evaluate the relationship between different bee species the occurrence of pollen grain from melissopalynology of honey collected in May and October 2021, the multivariate techniques of Principal Component Analysis (PCA) and Hierarchical Cluster Analysis (HCA) were applied, using python programming language with references from the Scikit-learn library.

3. Results

In the period from May to October 2021, 12 samples of honey were collected, from which 70 pollentypes were identified, distributed in 22 botanical families, 52 genera and five indeterminate types. Figure 2 illustrates the total number of pollen sources used by bees, for *Scaptotrigona polysticta* (37),

Tetragona clavipes (26), *Friseomelitta longipes* (28), *Scaptotrigona aff. Xanthotricha* (24), *Tetragonisca angustula* (19) and *Melipona seminigra*). For the collection of botanical material in the study area, a total of 32 families, 60 genera and 42 species were indicated, with emphasis on the family Fabaceae.

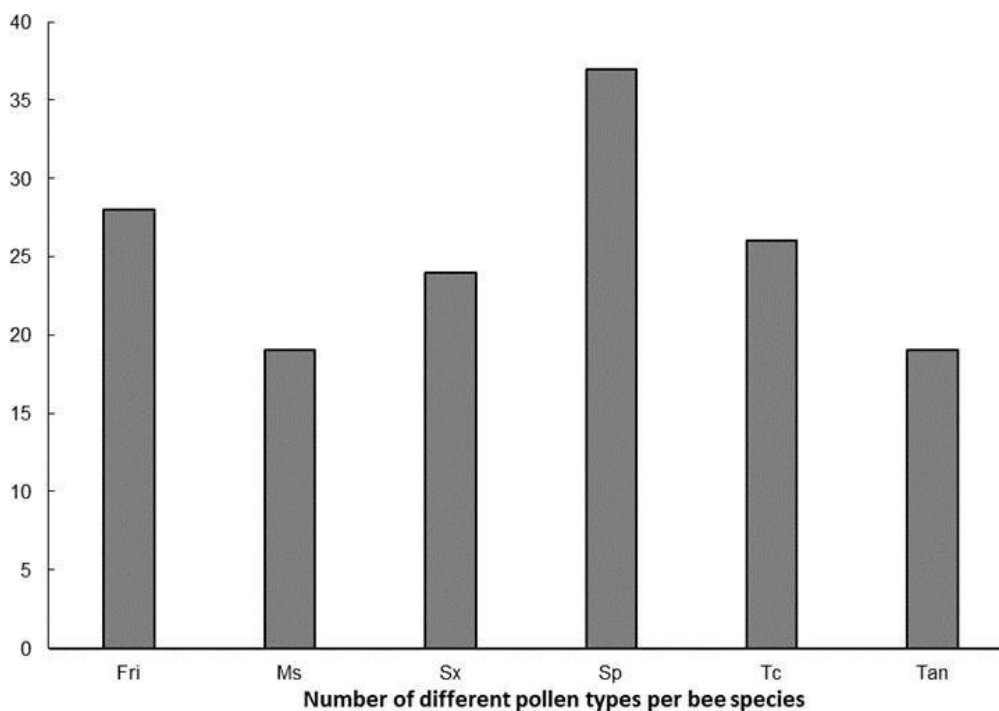


Figure 2. Number of different pollen types per bee species in May and October 2021, in an urban area of Belterra, state of Pará. Codes for bee species: Fri - *Friseomelitta longipes*, Ms - *Melipona seminigra*, Sx- *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, Sp- *Scaptotrigona polysticta*, Tc- *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) and Tan- *Tetragona clavipes*.

The most visited plant families in terms of the number of pollen types were Fabaceae (23%), Myrtaceae (14%), Anacardiaceae (12%), Melastomataceae (9%), Malphigiaceae (8%), Euphorbiaceae (8%), Rubiaceae (8%), Arecaceae (3%), Malvaceae (3%) and Sapindaceae (1%) (Figure 3).

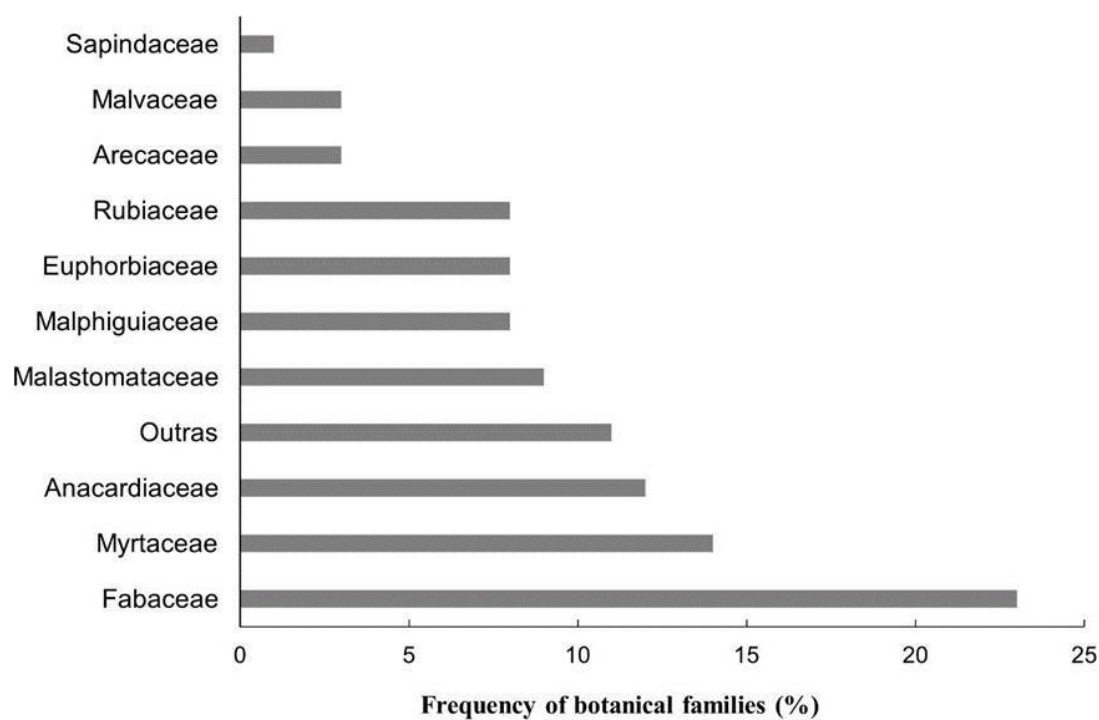


Figure 3. Total frequency of families used by bee species from May to October 2021 in an urban area in the municipality of Belterra, state of Pará, Brazil.

Of the 70 pollen types determined, only 10 presented a frequency greater than 3% and totaled 47% of the pollen found in honey for the bee species, mainly *Borreria* (8%), *Byrsonima* (8%), *Miconia* (7%), *Tapirira guianensis* (7%), *Spondias mombin* (4%), *Croton* (4%), *Sclerolobium hypoleucum* (3%), *Chamaecrista* (3%), Myrtaceae 1 (3%) and *Eugenia* (3%) (Figure 4).

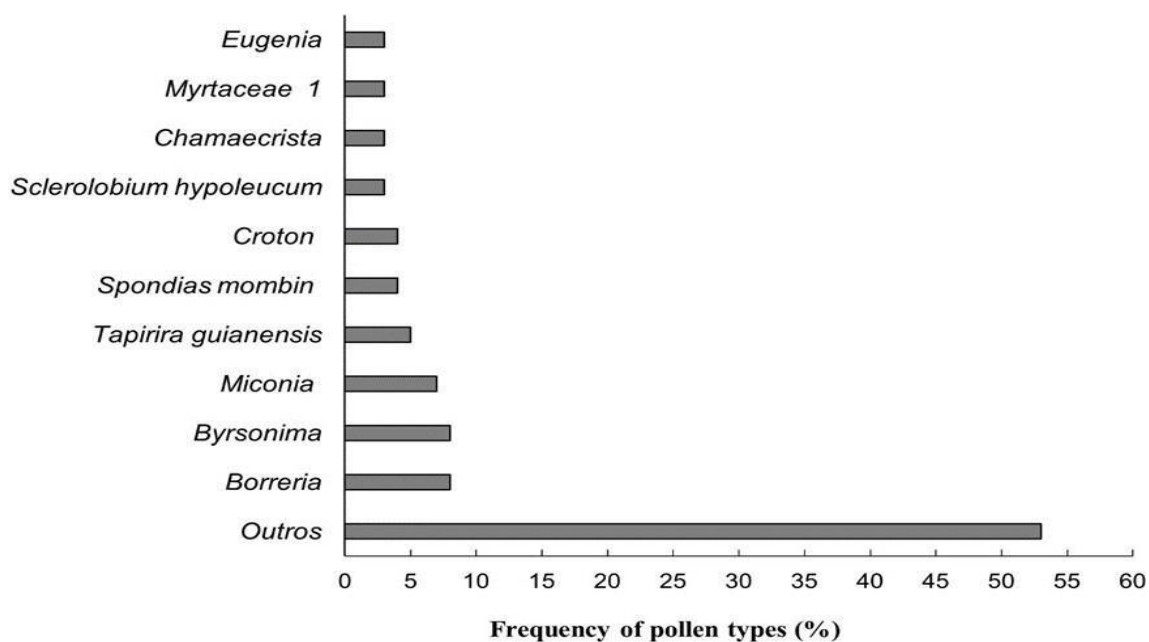


Figure 4 – Total frequency of pollen types used by bee species from May to October 2021.

3.1 Pollen spectrum

Friseomelitta longipes presented a total of 31 pollen types in the analyzed honey samples, with the highest number of pollen types in May (16) and the lowest in October (15). The pollen types Myrtaceae type 1 (23.33%) and Fabaceae type 1 (18.33%) were considered accessory pollens in October 2021 (Table 1).

For *Melipona seminigra*, 21 pollen types were recognized, 11 for May and 10 for October. The pollen types *Miconia* (Melastomataceae) (37.8%) and *Mouriri* (Melastomataceae) (25%) in May and *Miconia* (Melastomataceae) (26.2%) and *Solanum* (Solanaceae) (18.3%) were considered accessory pollens. The other pollen types were classified as important isolates and occasional isolates with a frequency below 16% (Table 1).

Scaptotrigona xanthotrica presented 29 pollen types, 14 in May and 15 in October. The only accessory pollen types in honeys of this bee were *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae), with 23.4% in May and *Croton* (Euphorbiaceae) type (25.83%) in October. The other pollen types were classified as important isolates and occasional isolates with a frequency below 16% (Table 1).

Scaptotrigona polysticta presented a total of 49 pollen types, 21 in May and 28 in October. The accessory pollen type in honeys of this bee was *Borreria* type (Rubiaceae), with (32.5%) in May and (29.5%) in October. The other pollen types were classified as important isolates, occasional isolates (Table 1).

For *Tetragona clavipes*, 15 pollen types were recognized in May and 22 in October. The pollen types showed a frequency lower than 16% in both analyzed months classified as important isolates and occasional isolates and, for *Tetragonisca angustula*, 13 pollen types were recognized in May and 12 in October. The pollen type classified as dominant was *Byrsonima* (Anacardiaceae) (45.2%), in October. The pollen types classified as accessories were; *Chamaecrista* (Fabaceae) (33.5%) in October and *Byrsonima* (Anacardiaceae) (25%) in May. The other pollen types had a frequency lower than 16% and were classified as important isolates and occasional isolates (Table 1).

<i>Schefflera morototoni</i>	1,2		7,5				2,5
ARECACEAE							
<i>Arecaceae type</i>			4,2	5,17			
<i>Arecaceae type 2</i>		2,5					0,8
<i>Astrocaryum type</i>	1,3					2,3	
<i>Bactris</i>						0,6	
<i>Cocos nucifera</i>				2			0,8
<i>Elaes type</i>			5,8	4,2		3	1,5
<i>Euterpe type</i>		2				1	1
ASTERACEAE							
<i>Eupatorium</i>						2,5	
<i>Ambrosia type</i>		3					
BURSERACEAE							
<i>Protium heptaphyllum</i>	3	0,9	7	1,5		2	1,5 3,5
DILLINEACEAE							
<i>Doliocarpus type</i>		0,9					
EUPHORBIACEAE							
<i>Alchornea</i>		12,5	4,5			7,83	

<i>Croton type</i>		1,6	3,2	5,5	4,17	25,83	0,5	4,5
<i>Euphorbiaceae type</i>	4		2,5	3,3			0,4	6
<i>Sapium type</i>	1,7							
<i>Sebastiania type</i>		3,5						
FABACEAE								
<i>Anadenanthera</i>			11,9				11	
<i>Baunia</i>		2,5					2,5	
<i>Caesalpinia</i>	10,3		3,1	8	2,33		2	
<i>Cassia type 1</i>	2,2					6		
<i>Chamaecrista</i>			2,5				3	33,5
<i>Copaifera type</i>	1,7		0,8	5,7			2	
<i>Delonix regia</i>				6,5		7,17		9
<i>Desmondium</i>							1,4	
<i>Fabaceae type 1</i>			3,4		18,33			
<i>Fabaceae type 2</i>							2,5	
<i>Inga</i>							2	1,7
<i>Leucaena type</i>	12,2			7,5				8,5
<i>Mimosa guilhandini</i>	15,8							

<i>Mimosa type</i>			15,5		9,6			1,3	
<i>Sclerolobium hypoleucum</i>				13,3			15,83		11
MALPIGHIACEAE									
<i>Byrsonima</i>	5		3		25	5,8	3	3	45,2
<i>Malpighiaceae type</i>						7	0,3		
MALVACEAE									
<i>Bombax munguba</i>		m				4,17			
<i>Malvaceae type</i>				5,3			7,5		12
<i>Rhodognofalopsis minor</i>	3								
MELASTOMATACEAE									
E									
<i>Bellucia type</i>		3,2							
<i>Miconia type</i>		37,8	15			26,2	0,17		
<i>Mouriri</i>		25				4,67			
MYRTACEAE									
<i>Eugenia stiptata</i>		13				13			
<i>Eugenia type</i>	8,8		4	2,5	7,5	1,7	7,33		3,3
<i>Myrcia type</i>		1,5				6		5,5	3

<i>Myrtaceae type 1</i>				23,33		1,5	8	2,5
<i>Myrtaceae type 2</i>				7,16				
<i>Psidium guajava</i>	5,7				13,8			
<i>Psidium type</i>	7,2	4,6		8,67		0,33		
<i>Syzygium malaccense</i>						2,3	0,5	
<i>Syzygium type</i>		3,5						
<i>PASSIFLORACEAE</i>								
<i>Passiflora type</i>			10,3				3,5	
<i>POACEAE</i>								
<i>Poaceae type</i>	1,7							
<i>RUBIACEAE</i>								
<i>Borreria type</i>		3,5	32,5	10	10,7	2	29,5	2,5
<i>RUTACEAE</i>								
<i>Citrus</i>			0,7			1,67	2	
<i>SALICACEAE</i>								
<i>Casearia guianensis</i>		11					4,5	
<i>SAPINDACEAE</i>								
<i>Talisia</i>		8	0,3	5,5	4	1,5	2,8	

<i>SAPOTACEAE</i>												
<i>Pouteria</i> type				0,8								
<i>SOLANACEAE</i>												
<i>Solanum</i> type								18,3			2	
<i>URTICACEAE</i>												
<i>Cecropia</i>											0,8	
<i>UNDETERMINED</i>												
<i>Undet.1</i>	6											0,8
<i>Undet.2</i>		7,8										
<i>Undet.3</i>										4,7		
<i>Undet.4</i>										2,6		
<i>Undet.5</i>					2,7				5,17		1,8	
<i>Total %</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Number of pollen types</i>	16	11	14	21	15	13	15	10	15	28	22	12
<i>H' Diversity</i>	2,54	1,78	2,33	2,38	2,57	2,35	2,36	1,99	2,32	2,75	2,81	1,53
<i>J' Evenness</i>	0,92	0,74	0,88	0,78	0,95	0,92	0,87	0,87	0,86	0,83	0,91	0,62

3.2. Pollen niche breadth

Pollen sources were used in different ways among bee species. In the studied period, the pollen niche breadth, given by the Shannon-Weaver index (H'), indicated that *Tetragona clavipes* carried out a broader and more diversified collection ($H' = 2.57$) in May and ($H' = 2.81$) in October, and that the other species *Scaptotrigona polysticta* ($H' = 2.38$) in May and ($H' = 2.75$) in October, *Friseomelitta longipes* ($H' = 2.54$) in May and ($H' = 2.36$) in October, *Scaptotrigona xanthoricha* ($H' = 2.33$) in May and ($H' = 2.35$) presented lower values, however presenting similar collection potential, which may indicate that these species showed a generalist collection behavior. On the other hand, *Melipona seminigra* presented a less generalist behavior compared to the others ($H' = 1.78$) in May and ($H' = 1.99$) in October.

The evenness (J') analysis, considering the total abundance of pollen types, confirmed the preferences for some resources. *Tetragona clavipes* presented an evenness value of 0.95 in May and 0.91 in October, followed by *Friseomelitta longipes*, 0.92 in May and 0.87 in October, *Tetragonisca angustula*, 0.92 in May and 0.62 in October, *Scaptotrigona X=xanthoricha*, 0.88 in May and 0.86 in October, *Scaptotrigona polysticta*, 0.78 in May and 0.83 in October and *Melipona seminigra*, 0.74 in May and 0.87 in October.

3.3. Pollen niche seasonality

Figure 5 illustrated a 50-year historical series of Belterra in relation to monthly rainfall, from September 1971 to March 2022. The red dots in Figure 5 represent the values of the monthly cumulative rainfall for 2021. In 2021, the months of February, April, May, June, September and December are within the historical average, on the other hand, the months of March, July, August, October and November have values higher than the historical normal.

Considering the highest diversity values (H') for the bee species over the months, *Tetragona clavipes* stood out from the others, with higher values in May (2.57) and October (2.81) (Table 1).

The bees collected 90 pollen types in the rainy season (May) and 102 types in the less rainy season (October). This is explained by the supply of resources in the different periods; in the

driest period, with the most intense flowering of certain species, such as *Tapirira guianensis*, for example.

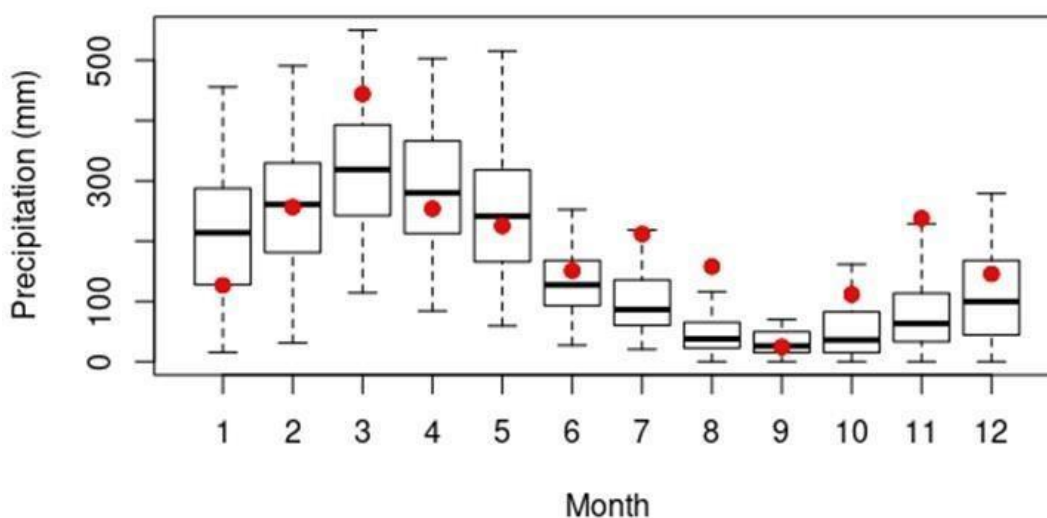


Figure 5- Climatology of the monthly rainfall of Belterra, state of Pará, Brazil 1971 to 2022

3.4. Pollen niche overlap

Of the 70 pollen types identified, *Tapirira guianensis* was shared by five out of the six species in the study in May. Of the total pollen types, 20 were used exclusively by one or another bee species. This may be due to the high floristic diversity of the study area, specificity of each bee in the search for available resources in the bee's foraging area.

Regarding the cluster analysis based on the monthly frequency of pollen types collected (Figure 6), *Melipona seminigra* showed a greater similarity in the resources used, mainly because of sharing important resources, such as *Miconia* and *Eugenia stiptata*.

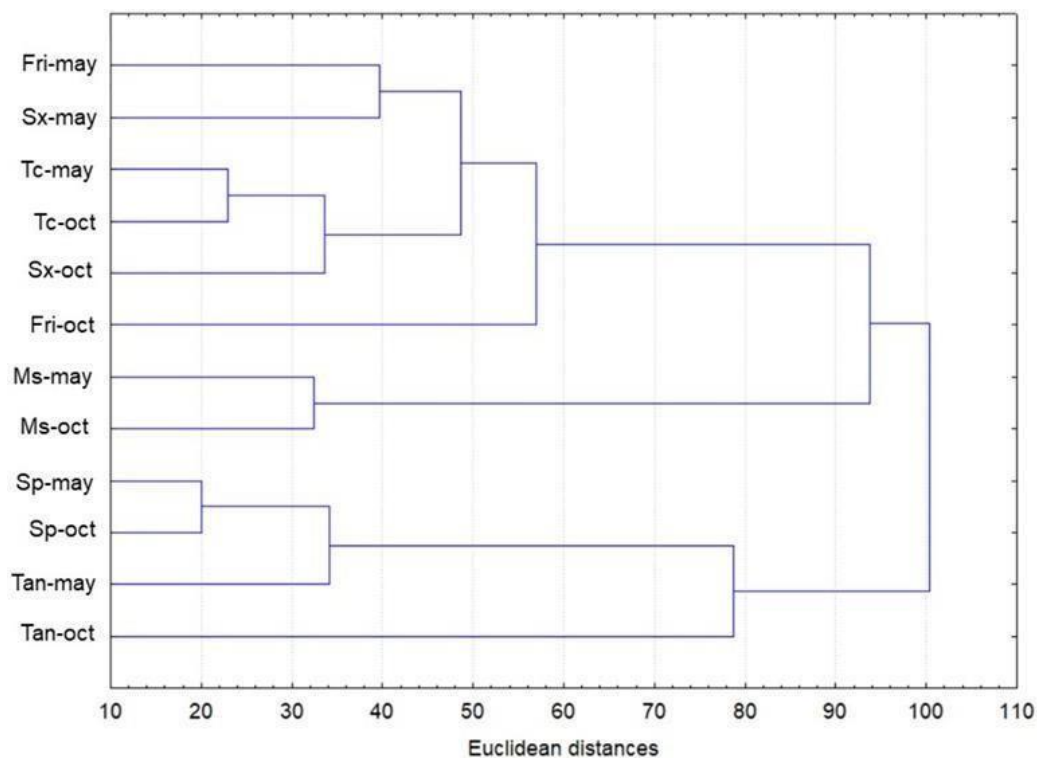


Figure 6 – Dissimilarity dendrogram based on the monthly frequency of 70 pollen types collected by bees in May and October/2021, using Ward's method and Euclidean distance - Fri (*Friseomellita longipes*), Ms (*Melipona seminigra*), Sx (*Scaptotrigona aff. Xanthotricha*), Tc (*Tetragonisca angustula*) and Tan (*Tetragonisca angustula*).

The collection of pollen types in May from the pollen grains found in honeys indicated that *Melipona semingra* (Ms) presented higher results for the Melastomataceae (MELA), *Tetragonisca angustula* (Tan) for Rubiaceae (RUB) as well as *Scaptotrigona polysticta* (Sp). The species *Friseomellita longipes* (Fri), *Scaptotrigona aff. xanthoricha* (Sx), *Tetragona clavipes* (Tc), the highest observations were for Myrtaceae (MYR), Anacardiaceae (ANAC), Fabaceae/Caesapinioideae (CAE), respectively (Figure 7).

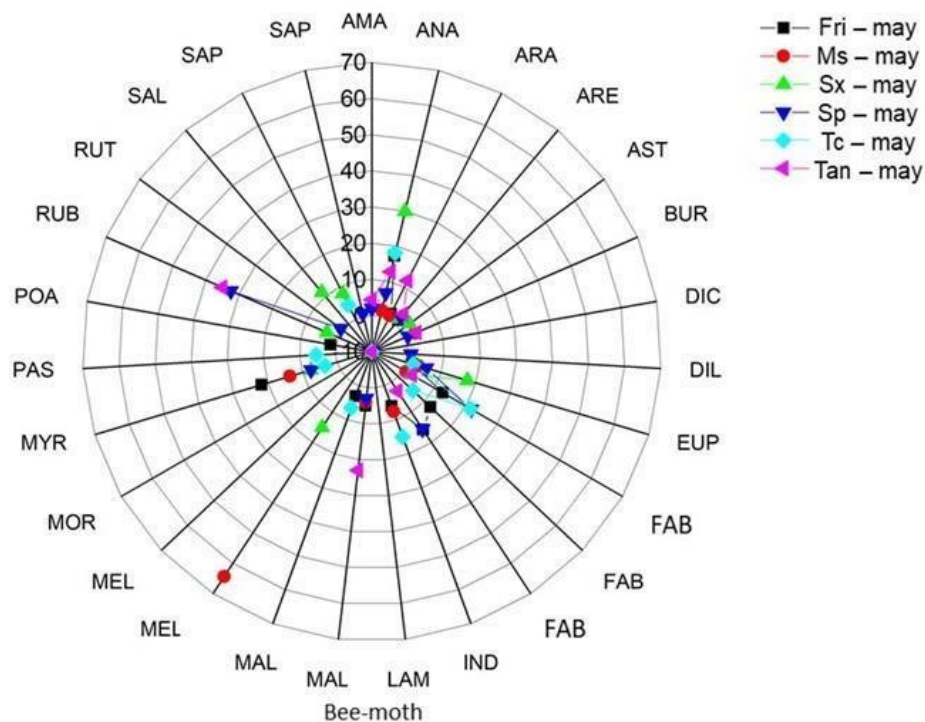


Figure 7. Total occurrences of pollen grains from the melissopalynology of honeys collected in May 2021.

In relation to the month of October, the pollen spectrum of honeys indicated that *Friseomellita longipes* (Fri) presented the highest result for the family Burseraceae (BUR). *Scaptotrigona aff. xanthoricha* (Sx) for Euphorbiaceae (EUP), *Tetragonisca angustula* (Tan) for Malpighiaceae (MALP), while *Melipona semingra* (MS) for Melastomaceae (MELA), *Tetragona clavipes* (Tc) for Myrtaceae (MYR) and *Scaptotrigona polysticta* (Sp) for Rubiaceae (RUB) (Figure 8).

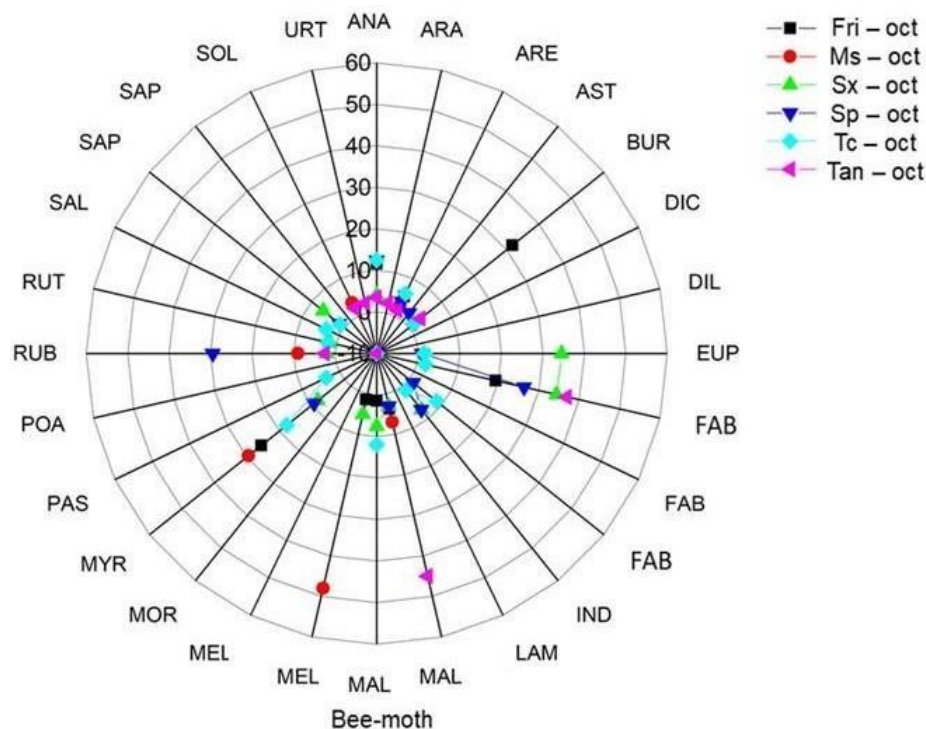


Figure 8. Total occurrences of pollen grains from the melissopalynology of honeys collected in October 2021.

The principal component analysis showed that the highest concentrations of pollen types for honey production were collected from Melastomataceae, mainly *Melipona seminigra*, both in May and October. Large concentrations of pollen types were also higher in the two periods of the year among the families CAE, ANAC, MYR, EUP, RUB, with emphasis on Fri, Sp, Tc, Sx, Sp, Tc (Figure 9).

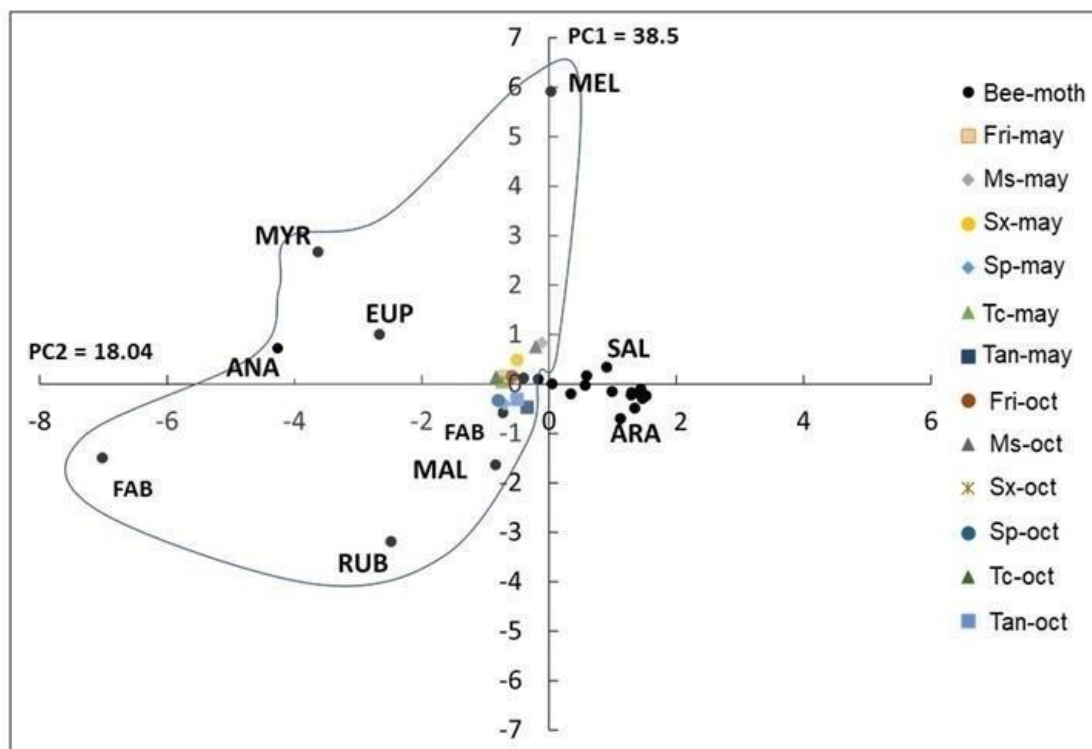


Figure 9. Principal component analysis of pollen grain occurrences from the melissopaliny of honeys collected in May and October 2021.

The microphotographs showed the most representative pollen types for the studied bees in each month; *Friseomelitta longipes*: *Mimosa guilhandini* (Fabaceae) in May and Myrtaceae type 1 in October; *Melipona seminigra*: *Miconia* (Melastomataceae) in both months; *Scaptotrigona xanthotricha*: *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae) in May and *Croton* (Euphorbiaceae) in October; *Scaptotrigona polystica*: *Borreria* (Rubiaceae) in both months; *Tetragona clavipes*: *Sclerolobium* (Fabaceae) in May and *Rhodognofalopsis minor* (Malvaceae) in October and *Tetragonisca angustula*: *Byrsonima* (Malphigiaceae) in both months (Figure 10).

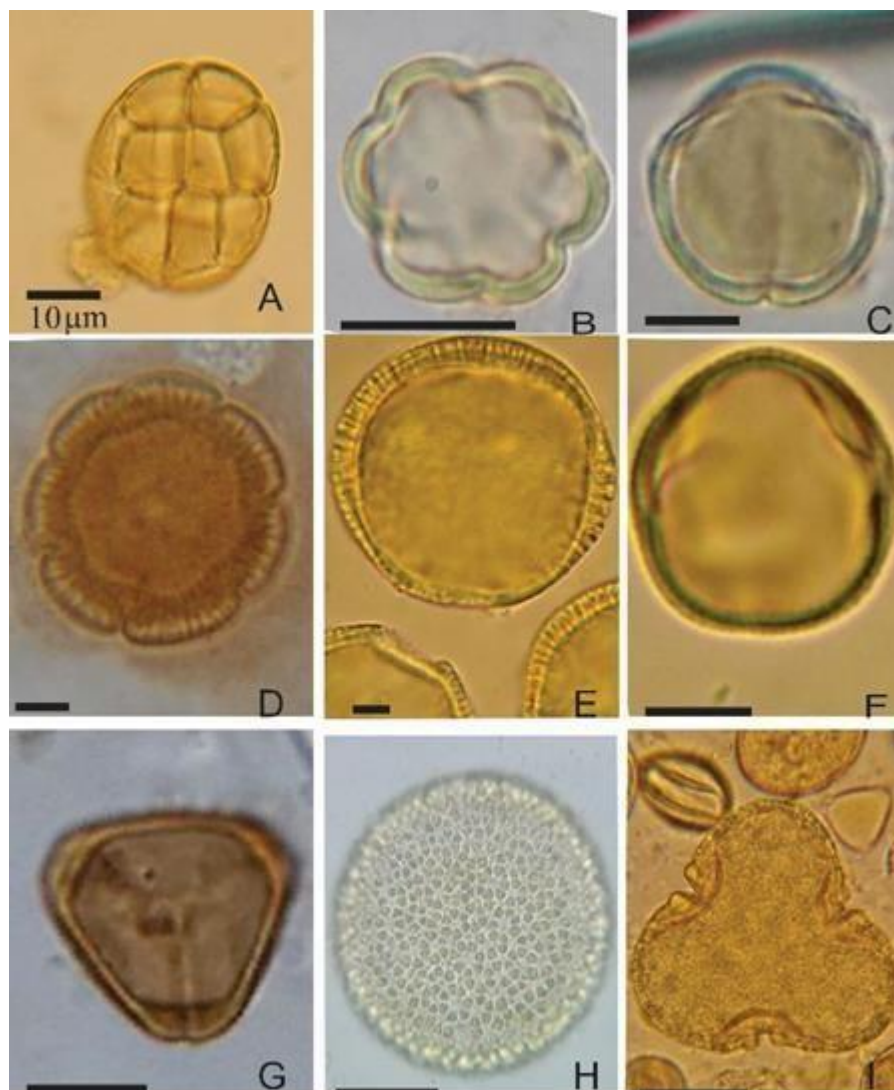


Figure 10. Photomicrographs of the most representative pollen grains per bee/month of honeys collected in May and October 2021. **A.** *Mimosa guilhandini*; **B.** *Miconia*; **C.** *Tapirira guianensis*; **D.** *Borreria*; **E.** *Sclerolobium*; **F.** *Byrsonima*; **G.** Myrtaceae 1; **H.** *Croton*; **I.** *Rhodogfalopsis minor*.

4. Discussion

The family Fabaceae contributed most to the amount of pollen grains found in the pollen spectrum of the studied bees, with the greatest diversity of pollen types (15). This family has species with high pollen potential, is much sought after by bees for pollen collection. Several studies have demonstrated the importance of this family as food for Africanized and native bees, since many species of Fabaceae bloom all year round, in addition to providing pollen (Carvalho *et al.* 2001; Santos Júnior and Santos, 2003; Silva *et al.* 2004; Novais *et al.* 2010). This result corroborates the studies carried out in Santarém (state of PA) by Souza *et al.* (2020, 2021), which shows the constancy of this family in 12 months of collection (December

2016 to November 2017), for *Friseomellita longipes*, *Melipona seminigra* and *Melipona interrupta*, and by Marques-Souza (1999), who showed the importance of this family when analyzed the pollen collection characteristics of five meliponine species from Central Amazonia.

The family Myrtaceae is always in evidence in surveys of plants used by bees for pollen and/or nectar collection (Marques-Souza 1999, 2007). The pollen types *Eugenia* type was the most important of the family for the bees under study. Plants of this family concentrate their flowering in the less rainy period and fruiting during the wettest period. The flowers open in the early hours of the morning and last up to a day and a half. Bees, especially the genera *Melipona* and *Trigona*, are the main visitors to these flowers, attracted by the sweet scent and looking for pollen (Ribeiro et al. 1999, Marques-Souza 2007).

The family Anacardiaceae was represented by *Anacardium occidentale*, *Tapirira guianensis* and *Spondias mombin*, with emphasis on the pollen type *Tapirira guianensis*, present in the pollen spectrum of all bees in the present study.

Ferreira and Absy (2017 a) analyzed the pollen spectrum of honeys from two species of the genus *Melipona* in central Amazonia, and reported that they presented a high pollen frequency for pollen types of this family, especially the *Tapirira guianensis* pollen type. Rezende et al. (2018) when studying the pollen types present in honeys of *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919), *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona* sp. Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) in Sataré Mawé (state of Amazonas) communities frequently found pollen types of the family Anacardiaceae.

The family Melastomataceae contributed with 672 pollen grains, of which 384 were of the *Miconia* type, found only in the pollen spectrum of *Melipona seningra*. Rezende et al. (2021) and Ferreira et al. (2020) found large amounts of *Miconia* in the pollen spectra of bees of the genus *Melipona* in the state of Amazonas, corroborating this study.

In this study, the family Malpighiaceae was represented by the *Byrsonima* pollen type, which presented a total of 540 pollen grains, not being present only in *Tetragona clavipes* honey. According to Marques-Souza (1999), some species of *Byrsonima* were attractive to some meliponines in Central Amazonia. Other important families represented in this study were

Euphorbiaceae, Rubiaceae, Arecaceae, Malvaceae and Sapindaceae, corroborating what was found in honeys from bees of this study.

Diversity (H') values indicated that *Melipona seminigra* presented lower values over the two months in relation to the other species. The evenness (J') analysis showed that *Tetragona clavipes* used a broader pollen niche and the use of different pollen types was more homogeneous, indicating that this species can be considered more generalist in terms of resource use. Meanwhile, *Melipona seminigra* showed the breadth of the pollen niche with differences in the richness and abundance of the pollen types used, and can be considered less generalist, showing a great preference for few pollen types, such as those of the family Melastomataceae.

Bees considered less specialized in terms of organization and communication, such as those of the genus *Tetragona*, tend to disperse when looking for food in flowers and visiting plants that are generally not used by more specialized bees, such as those of the genus *Melipona* Illiger, 1806 (Marques-Souza 2010; Ferreira and Absy 2017 a, b; Rezende et al. 2018; Souza et al. 2020, 2021).

In this study, we associated pollen from families Fabaceae, Myrtaceae, Anacardiaceae, Melastomataceae and Malpighiaceae with all bee species and found the abundance of these pollen types in honey samples. Despite several studies on pollen types collected by stingless bees in the Amazon region and the importance of these studies for the development of meliponiculture in communities, few studies have prioritized pollen analysis in honey samples of these species, although this is the most valuable resource for beekeepers (Ferreira and Absy 2017b; Novais and Absy 2015; Novais et al. 2015; Rezende et al. 2018, 2021).

The breadth of the pollen spectrum, given by the diversity index (H'), indicated that the spectrum of *Tetragona clavipes* presented higher values over the months when compared to the other species.

The pollen types found in the pollen spectrum of bees show small differences between the diversity and evenness indices, showing that these bees exhibit similar collection potential, which does not compromise the maintenance of more sensitive systems or populous species, depending on the diversity of flowers and the behavior of bees in flowers (Ferreira and Absy

2017a).

Differences in H' between the rainiest (May) and less rainy (October) periods are highlighted in *Friseomellita longipes*, *Scaptotrigona xanthotricha* and *Tetragonisca angustula* where the diversity of pollen types is greater in the months of greater rainfall (January to June), corroborating studies by Souza et al. (2020) and Novais et al. (2015). In contrast to these data, the month of October presented greater diversity of pollen types for *Melipona seminigra*, *Scaptotrigona polystica* and *Tetragona clavipes* (Ferreira et al. 2017).

The lower diversity for *Tetragonisca angustula* recorded in October suggests the use of few resources that may have been more attractive due to the greater abundance of pollen, while in the rainy season, there was collection in a greater number of sources with reduced pollen frequency. Comparing pollen occurrence and frequency with climatic data, it can be seen that rainfall may be influencing pollen niche breadth, promoting greater diversification in collection due to low flowering. Thus, the bees have to look for other sources, as verified in May, where the largest number of pollen types was obtained and it was the month with the greatest rainfall. Bees collected 90 types in the rainy season and 102 in the less rainy season. This can be justified by the supply of resources in certain periods, and in the less rainy period, the most intense flowering of certain species occurs.

In our study, bees showed similar richness of pollen types in both periods, rainy and less rainy. The pollen spectrum of honey in the less rainy season showed a greater richness of pollen types, suggesting that the rainfall regime may be more related to the diversity of resource distribution than to the collection habits of bees.

Likewise, Ferreira et al. (2010) studied *Scaptotrigona depilis* and suggested that environmental variables were more related to the availability of resources than to the collection habits of bees. Oliveira et al. (2009) investigated pollen resources collected by stingless bees in a forest fragment in the region of Manaus, state of Amazonas, and detected 72 types of pollen collected by bees in the rainy season and 47 in the non-rainy season. In the rainy season, bees invest more in collecting and storing pollen, while in the dry season, they intensify the collection of nectar and stored honey. This pattern was also found for *Melipona* bee species (Ferreira and Absy 2015, 2017, 2018).

The overlap of the pollen niche, based on the similarity of collection of pollen types in general, was very low, being larger between *Friseomellita longipes* and *Scaptotrigona*

xanthotricha in May and October. These results were confirmed in the cluster analysis based on the monthly frequency of pollen types collected, in which *Melipona seminigra* species showed greater similarity in resources used in May and October, mainly because they share important resources, such as *Miconia* (Figure 6).

Meliponines in the Amazon generally forage on plants with abundant and longer-lasting flowering, but they seek to diversify and collect from other less attractive sources. In colonies of different species, in the same site, there was a tendency to collect in common sources of pollen and/or nectar, as in the species *Miconia myriantha* and *Tapirira guianensis* (Marques-Souza 1999).

Several factors can contribute to the differentiation of trophic niches of bees, such as: colony size and number of foragers; radius of action of foragers; efficiency of collection and handling floral parts; communication of floral sources; plant phenology; aggressiveness of certain bee species in competition for food and abiotic factors (temperature, rainfall, humidity, light intensity, etc.) (Absy et al. 1980; Kerr et al. 1996; Marques-Souza et al. 1999). Another factor that may have influenced the collection of bees was the habit of the plants, since tree and shrub species were more intensely and frequently visited, as verified by Velthuis (1997), who reported that *Scaptotrigona* and *Meliponabees* are more frequently found in taller trees, while *Trigona fulviventris* are more specialized in plants closer to the ground.

5. Final Considerations

Scaptotrigona polystica had a broader pollen niche and collected the different pollen types more homogeneously, indicating that this species can be considered more general in the use of resources. Meanwhile, *M. seminigra* showed a narrower pollen niche compared to the other bee species in the present study, with differences in the richness and abundance of pollen types used, being considered less generalist, showing a greater preference for few pollen types.

Scaptotrigona polystica diversified its foraging over the two months of the study, as 37 pollen types were identified in its honey. This highlights the importance of plant species that bloom at different times of the year for this bee species. Despite the high number of pollen types found

in honey samples, only *Borreria* was intensively explored in the months of the study.

In our study, bees showed greater richness and diversity of types in their pollen spectrum in the less rainy season. *Scaptotrigona polystica* expanded and diversified the collection of resources, revealing a broad pollen niche and a more homogeneous collection pattern compared to other bee species of this study with greater difference in relation to *Melipona seminigra* that intensified its collection in few sources, but with greater intensity. The study presents the resources used by colonies of these eusocial bees, which is one of the first steps for management and conservation of populations of these meliponines in the Brazilian Amazon. In addition, the list of pollen types presented here can support local meliponiculture activities.

6. Agradecimentos

This work was funded by the Project: 88881.510177/2020-01 - Consolidation of the Postgraduate Program in Health Sciences with a focus on Biotechnology and Therapeutic Innovation for Health Care - N.º AUXPE 817/2020. The Research Support Foundation of the State of Pará (FAPESPA) for granting the scholarship.

7. Declaration of interest:

The authors have no conflicts of interest.

8. References

Absy ML, Bezerra EB, Kerr WE. 1980. Plantas nectaríferas utilizadas por duas espécies de *Melipona* na Amazônia. *Acta Amazonica*, 10(2):271-281.

Absy ML, Rech AR, Ferreira MG. 2018. Pollen Collected by Stingless Bees: A Contribution to Understanding Amazonian Biodiversity. In: Vit. P, Pedro SRM, Roubik D, editors. *PotPollen in Stingless Bee Melittology*. 1th ed. Berlim (GER). Springer International Publishing. 29-46. Alves-dos-Santos I, Aizen, MA, Silva CI. 2014. Conservação dos Polinizadores. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC (eds) *Biologia da Polinização*. 493–524.

Biesmeijer, JC. et al. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*. (313): 351-354.

BPBES/REBIPP: 2019. Relatório temático sobre Polinização, Polinizadores e Produção de Alimentos no Brasil. Wolowski M; Agostini K, Rech AR, Varassin IG, Maués M, Freitas L Carneiro LT, Bueno ROB, Consolaro R, Carvalheiro L, Saraiva, Silva CI, Padgurschi MCG. (Org.). 1ª edição, Campinas, SP, p.184.

Carreira LMM, Silva MF, Lopes JRC, Nascimento LAS. 1996. Catálogo de Pólen das Leguminosas da Amazônia Brasileira. Para (PA): Museu Paraense Emílio Goeldi.

Carvalho CAL, Moreti, ACCC, Marchini LC, Alves RMO, Oliveira PCF. (2001). Pollen spectrum of samples of urucu bee (*Melipona scutellaris* Latreille, 1811) honey. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro. 61(1): 63-67.

Erdtman G. 1960. The acetolysis method. A revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*. 54(4): 561-564.

Fearnside PM. 2017. Deforestation of the Brazilian Amazon, in: H. Shugart (Ed.), Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science. Oxford University Press, New York, USA.

Ferreira MG, Absy ML, Rezende ACC. 2021. Pollen collected and trophic interactions between stingless bees of the genera, and (Apidae: Meliponini) raised in Central Amazon. *Journal of Apicultural Research*. 60:1-13.

Ferreira MG, Absy ML. 2017a. Pollen analysis of honeys of and (Hymenoptera: Apidae) bred in Central Amazon, Brazil. *Grana* 63:1–14.

Ferreira MG, Absy ML. 2017b. Pollen niche of *Melipona (Melikerria) interrupta* (Apidae: Meliponini) bred in a meliponary in a terra-firme forest in the central Amazon. *Palynology* 42:1–11.

Ferreira MG, Manente-Balestieri FCD, Balestieri JBP. 2010. Pólen coletado por *Scaptotrigona depilis* (Moure) (Hymenoptera, Meliponini), na região de Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 54:258–262.

Frazão RF. 2013. Abelhas nativas da Amazônia e populações tradicionais: manual de meliponicultura. 1º. ed. Belém, PA: Instituto Peabiru, Programa Casa da Virada, Programa abelhas nativas da Amazônia.

Godar J, Tizado EJ, Pokorny B. 2012. Who is responsible for deforestation in the Amazon? A spatially explicit analysis along the Transamazon Highway in Brazil. *For. Ecol. Manage.* 267:58–73.

Hammer O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1–9.

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia. 2021. Banco de Dados Meteorológicos para o

ensino Pesquisa. (online) <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home2/index> (acessado em 20 de abril de 2021).

IPBES. 2016. The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination, and food production. Potts SG, Imperatriz-Fonseca VL, Ngo HT (eds). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn. 552p.

Jones, GD, Bryant, VM, Jr. 2004. The use of ETOH for dilution of honey. *Grana*, 43: 174-182. Joosten H, De Klerk P. 2002. What's in a name? Some thoughts on pollen classification, identification, and nomenclature in Quaternary palynology. *Review of Palaeobotany and Palynology* 122:29–45.

Kerr WE, Carvalho, GA, Nascimento VA. (1996). *Abelha uruçú: biologia, manejo e conservação*. Acangaú, Belo Horizonte. 114p.

Louveaux, J., Maurizio. A Vorwohl, G. 1978. Methods of melissopalynology. *Bee World* 59(4):139–157.

Marques LJP, Muniz FH, Lopes GS, Silva JM. 2011. Levantamento da flora apícola em Santa Luziada Paruá, Sudoeste da Amazônia, Maranhão. *Acta Botanica Brasilica* 25:141–149.

Marques-Souza A.C, Absy ML.; Kerr WE. 2007. Pollen harvest features of the Central Amazonian bee *Scaptotrigona fulvicutis* Moure 1964 (Apidae: Meliponinae), in Brazil. *Acta Bot. Bras.*, 21(1):11-20.

Marques-Souza, AC. 1999. Características de coleta de pólen de alguns meliponíneos da Amazônia Central. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. 248p.

Marques-Souza AC.1996. Fontes de pólen exploradas por *Melipona compressipes*

manaosensis (Apidae, Meliponinae), abelha da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 26(1/2):77-86.

Maués MM. 2014. Economia e polinização: custos, ameaças e alternativas. In: *Biologia da Polinização*. P. 607–636.

Novais JS, Absy ML. 2015. Melissopalynological records of honeys from *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) in the Lower Amazon, Brazil: pollen spectra and concentration. *Journal of Apicultural Research* 54:1–19.

Novais JS, Absy ML. 2013. Palynological examination of the pollen pots of native stingless bees from the Lower Amazon region in Pará, Brazil. *Palynology* 37:1–13.

Novais JS, Lima LCL, Santos FAR. 2010. Botanical affinity of pollen harvested by *Apis mellifera* L. in a semiarid area from Bahia, Brazil. *Grana* 48:224–234.

Oliveira FPM, Absy ML, Miranda IS. 2009. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus - Amazonas. *Acta Amazonica* 39:505–518.

Pielou, EC. (1977) *Mathematical ecology*. New York (NY): John Wiley & Sons

Pires AP, Silva SMPC, Pacheco A, Azevedo HHF, Moraes JRD, Moreira DKT, Pena DAG, Carvalho CAL. 2020. Physicochemical profile of honeys from different species of stingless bees from western Pará, Brazilian Amazonia. *Brazilian Journal of Development Braz. J. of Develop.* 6:59251-59268.

Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. *Biologia da polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014.

Rezende ACC, Absy ML, Ferreira MG. 2021. Pollen niche of *Melipona dubia*, *Melipona*

seminigra and *Scaptotrigona* sp. (Apidae: Meliponini) kept in indigenous communities of the Sateré Mawé Tribe, Amazonas, Brazil. *Journal of Apicultural Research*. 60: 1-17.

Rezende, ACC, Absy, ML., Ferreira, MG, Marinho, HA., Santos, AO. 2018. Pollen of honey from *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919, *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona* sp. Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) reared in Sateré Mawé indigenous communities, Amazon, Brazil, *Palynology* 1–14.

Ribeiro SLE, Hopkins GJN, Vicentini A, Sothers AC, Costa SAM, Bnto MJ, Souza DAM, Martíns PHL, Lohmann, GL, Assunção LCAP, Perreira CE, Silva SC, Mesquita RM, Procópio CL. 1999. Flora da Reserva Ducke: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra firme na Amazônia Central. Manaus, INPA. 816p.

Ricketts TH et al. 2008. Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecology Letters*. 11:(1)499–515.

Roubik DW, Moreno JE. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island. St. Louis (MO): Missouri Botanical Garden.

Salgado-Laboriau, ML. 1973. Contribuição à palinologia dos Cerrados, Rio de Janeiro, *Academia Brasileira de Ciências*, p. 291.

Santos Junior MC, Santos FAR. 2003. Espectro polínico de amostras de méis coletadas na microrregião do Paraguassu, Bahia. *Magistra, Cruz das Almas*. 15(1):79-85.

Shannon CE, Weaver W. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. Illinois (IL): University of Illinois Press.

Silva JMC, Tabarelli M, Fonseca MT, Lins LV. 2004. Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do meio ambiente/ Universidade

Federal de Pernambuco. 382 p.

Souza RR, Abreu VHR, Novais JS. 2018. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005 and 2017. *Palynology*. 43:1-11.

Souza RR, Pimentel ADA, Nogueira LL, Abreu VHR, Novais JS. 2021. Palynoflora exploited by *Friseomelitta longipes* (Smith, 1854) (Apinae: Meliponini) in protected areas from the Brazilian Amazon basin. *Journal of Apicultural Research*. 60:1-16.

Souza RR, Pimentel ADA, Nogueira LL, Abreu VHR, Novais JS. 2020. Resources collected by two *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) species based on pollen spectrum of honeys from the Amazon basin. *Sociobiology*. 67:268-280.

Velthuis HHW. 1997. *Biologia das abelhas sem ferrão*. São Paulo. USP, 33p

Venturieri, GC. Contribuição para a criação racional de meliponíneos amazônicos. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. 2008. 26 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 330).

Vergeron, P. 1964. Interpretation statistique des résultats en matière d'analyses polliniques des miels. *Ann Abeille*. 7: 349-364.

Viana APS, Pauletto D, Gama JRV, Pires AP, Azevedo HHF, Pacheco A. 2021. Meliponiculture in agroforestry systems in Belterra, Pará, Brazil. *ACTA Apícola Brasileira*.
Vossler FG, Fagundez GA, Blettler DC. 2014. Variability of food stores of *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz) (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from the Argentine Chaco based on pollen analysis. *Sociobiology* 61(4): 449–460.

Winfrey R, Aguilar R, Vazquez D.P, Lebuhn G, Aizen M.A. 2009. A meta-analysis of bees' response to anthropogenic disturbance. *Ecology*. 90(8): 2068-2076.

CAPÍTULO II

Análise físico-químico e concentrados voláteis de méis multiflorais produzidos por espécies de abelhas sem ferrão amazônica, instaladas em meliponário urbano, Belterra, Amazônia, Pará.

(O artigo será submetido a uma revista científica na versão em língua inglesa).

PIRES, A. P; BARROSO, A. S; MENDONÇA-NETO., J. S. N.

MOURÃO, R. H. V.

Resumo

O mel produzido por abelhas a partir do néctar recolhido de flores é o produto da colmeia mais usado pelo homem, seja como alimento ou medicinal. Todavia, a composição físico-química, propriedades biológicas, qualidade e características sensoriais são influenciados pela sazonalidade, origem botânica do néctar, condições edafoclimáticas, entomológica, métodos de colheita e processamento. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar se existe diferenças nos parâmetros físico-químicos e no perfil dos constituintes voláteis de amostras de méis de seis espécies de abelhas sem ferrão nativas (*Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polystica*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes*) coletadas em meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil, em dois períodos (chuvoso e menos chuvoso) no mesmo ambiente. As variáveis analisadas foram: umidade, pH, acidez, sólidos solúveis totais (Brix), condutividade elétrica, cinzas, viscosidade e HMF (hidroximetilfurfural) das 12 amostras de méis coletadas em maio e outubro de 2021 dentro das boas práticas de fabricação diretamente das colmeias. Os constituintes voláteis foram analisados por cromatografia em fase gasosa acoplado a espectrometria de massas (CG-EM). Nos parâmetros analisados foi possível distinguir diferenças entre as espécies de abelhas e entre os períodos. A umidade das amostras de méis variou de 16,0% a 36,8%, o pH das amostras variou entre 3,0 a 3,9. quanto ao índice de acidez total (soma da acidez livre+ acidez lactônica) das amostras de méis foi observado também diferença entre as espécies de abelhas e entre os períodos da colheita, o teor de cinzas que representa a presença de minerais total nas amostras de méis variou de 0,08 a 0,6% entre as espécies e o período de colheita, sendo valores maiores para o período menos chuvoso. Em relação aos sólidos solúveis totais (SST) (°Brix) as amostras apresentaram valores entre 62,0 e 80,9 (°Brix) com maiores teores para o período

chuvoso. Os valores para condutividade variaram 247 a 1476 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ mostrando também diferença entre as amostras. A viscosidade mínima foi encontrada para *Scaptotrigona aff. xanthotricha* apresentando como um mel mais fluido, e o mais viscoso para espécie *Friseomellita longipes*. O HMF variou entre 0,59 a 10,68 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e entre os constituintes voláteis das amostras foi observado que houve diferença entre as espécies de abelhas e entre os períodos, mostrando assim, uma preferência e disponibilidades de fontes florais. Os resultados apresentados nesse trabalho podem auxiliar o conhecimento de dados físico-químicos de méis de abelhas sem ferrão servindo como subsídio para requisitos de qualidade do produto *in natura* e leva à necessidade de se intensificar os estudos de diferentes méis de abelhas sem ferrão da Amazônia a fim de estabelecer um padrão coerente e uma futura legislação brasileira que possa assegurar a qualidade e identidade deste produto visto que, quando comparado o mel de espécies de abelhas sem ferrão, *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes* obtidos de meliponário de área urbana de Belterra, Baixo Amazonas (Pará, Brasil), foi identificado diferenças entre os parâmetros físico-químicos e constituintes voláteis entre as amostras e entre os períodos de colheita de um mesmo ambiente.

Palavras chaves: Meliponini, meliponicultura urbana, qualidade, sazonalidade.

Abstract

Honey produced by bees from the nectar collected from flowers is the hive product most used by man, either as food or medicinal. However, the physicochemical composition, biological properties, quality and sensory characteristics are influenced by seasonality, botanical origin of the nectar, soil and climate conditions, entomology, harvesting and processing methods. Therefore, the objective of this study was to verify if there are differences in the physicochemical parameters and in the profile of the volatile constituents of honey samples from six species of native stingless bees (*Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polystica*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes*) collected in an urban meliponary in Belterra, Pará, Brazil, in two periods (rainy and less rainy) in the same environment. The variables analyzed were: moisture, pH, acidity, total soluble solids (Brix), electrical conductivity, ash, viscosity and HMF (hydroxymethylfurfural) of the 12 honey samples collected in May and October 2021 within good manufacturing practices directly from the hives. The volatile constituents were analyzed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). In the analyzed parameters it was possible to distinguish differences between the bee species and between the periods. The moisture of the honey samples ranged from 16.0% to 36.8%, the pH of the samples ranged from 3.0 to 3.9. As for the total acidity index (sum of free acidity + lactic acidity) of the honey samples, a difference was also observed between the bee species and between the harvest periods, the ash content that represents the presence of total minerals in the honey samples varied from 0.08 to 0.6% between the species and the harvest period, with higher values for the less rainy period. In relation to total soluble solids (SST) (°Brix) the samples presented values between 62.0 and 80.9 (°Brix) with higher contents for the rainy season. The values for conductivity ranged from 247 to 1476 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, also showing a difference between the samples. The minimum viscosity was found for *Scaptotrigona aff. xanthotricha* presenting as a more fluid honey, and the most viscous for *Friseomelitta longipes* species. The HMF ranged from 0.59 to 10.68 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and among the volatile constituents of the samples it was observed that there was a difference between the bee species and between the periods, thus showing a preference and availability of floral sources. The results presented in this work can help the knowledge of physicochemical data of honeys of stingless bees serving as a subsidy for quality requirements of the in natura product and leads to the need to intensify the studies of different honeys of stingless bees from the Amazon to in order to establish a coherent standard and a future Brazilian legislation that can ensure the quality

and identity of this product since, when compared to honey from stingless bee species, *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes* obtained from meliponary in the urban area of Belterra, Baixo Amazonas (Pará, Brazil), differences were identified between the physicochemical parameters and volatile constituents between samples and between harvest periods in the same environment.

Keyword: Meliponini, urban meliponiculture, quality, seasonality.

1. Introdução

As abelhas sem ferrão produzem o mel a partir da coleta do néctar das flores ou de secreções de insetos sugadores (melato), o qual passa por um processo físico (regurgitação e desidratação) químico (adição de enzimas salivares, própolis e grãos de pólen), possui aspecto líquido, variando de fluido a viscoso denso, com aromas e cores diversificados e em sua maioria apresenta um sabor adocicado, armazenado na colmeia de *Apis mellífera* em favos, e selados com cera para maturação e conservação (BELAY et al., 2017; ALJOHAR et al., 2018; KHAN et al., 2018) em colônias de Melliponini são armazenados em potes, com resíduos de própolis e grãos de pólen fechados com cerume (PIRES et al. 2020).

As principais características (cor, aroma, sabor, fluidez) dos méis de abelhas sem ferrão do Brasil são ocasionadas pela diversidade da origem botânica e da variedade de espécies de abelhas existente, dentre as peculiaridades destaca-se o sabor mais ácido devido a adição das enzimas produzidas pelas abelhas nas glândulas salivares (ESTEVINHO et al., 2016; ARAÚJO et al., 2017). As diferenças entre os méis de abelhas sem ferrão e sua demanda impulsionou o mercado consumidor e a pesquisa. Alguns pesquisadores propuseram novos regulamentos e normativas para a comercialização dos méis de abelhas sem ferrão em prateleiras (SOUZA et al., 2016; CAMARGO et al., 2017; VILLAS-BÔAS, 2018) e em alguns estados brasileiros já se estabeleceram instruções normativas para a produção, comercialização e os registros dos méis (ADAB, 2014; ADAPAR, 2017; CIPOA, 2017, ADAF, 2016, ADEPARÁ 2021).

O aroma é uma característica sensorial apreciada e responsável pela aceitação ou não do mel pelos consumidores, e é normalmente o resultado de substâncias voláteis encontradas em nível de traços, oriundas da coleta do néctar das flores, influenciado pelas condições climáticas, solo e origem geográfica (PITA-CALVO & VÁZQUEZ, 2018). Alguns compostos voláteis são específicos de uma determinada origem botânica ou geográfica, é possível conhecer sua origem a partir de sua composição da fração volátil identificada no aroma (YANG et al., 2012; KARABAGIAS et al., 2014; CASTRO-VASQUEZ et al., 2014). Lengler (2001) ao analisar méis de *Apis mellífera* encontrou mais de 100 componentes voláteis que determinam o sabor do mel.

De acordo com Rayol e Nunes-Silva (2021) os quintais urbanos de Belterra possuem uma diversidade e variedade de espécies arbóreas e frutíferas, contribuindo para o fomento das famílias, assim como para a manutenção da agrobiodiversidade. Viana et al., (2021) ao pesquisarem a presença de meliponários nos quintais agrofloretais identificaram a presença de espécies frutíferas, mataprimária e secundária. O que contribui para a manutenção, saúde e produção das abelhas sem ferrão.

A diversidade de espécies de abelhas sem ferrão e suas preferências florais contribuem para a variação das características físico-químicas e sensoriais, principalmente, cor, sabor e aroma dos méis. Neste contexto, a presente pesquisa é pioneira no quesito aspectos da qualidade aromática de méis multifloral de abelhas sem ferrão da Amazônia. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar se existiu diferença no perfil físico-químico e dos constituintes voláteis de amostras de méis de seis espécies de abelhas sem ferrão nativas, criadas racionalmente em um meliponário urbano de Belterra, Pará.

2. Material e métodos

2.1. Área de estudo e abelhas

O estudo foi realizado na zona urbana de Belterra, mesorregião do Baixo Amazonas, situado a cerca de 45 km da região metropolitana de Santarém, Estado do Pará, Brasil. Encontra-se localizada nas coordenadas $-2^{\circ} 64' 308''$ S de latitude e $-54^{\circ} 92' 660''$ W de longitude (Figura 1).

O clima de Belterra é equatorial continental e úmido, apresentando calor elevado, com temperaturas médias anuais entre 26 e 28 °C, alta umidade, com valores médios anuais entre 80 a 85%, pluviosidade anual média variando entre 2.000 e 2.800 mm (INMET, 2021). A estação chuvosa em termos médios dura em torno de 6 meses, estendendo-se de janeiro a julho, muito embora o trimestre mais chuvoso seja entre fevereiro e maio.

De acordo com Rodrigues et al. (2001), a vegetação do município de Belterra, Pará, predomina o tipo Ombrófila densa de terra firme e os solos são, em sua maioria, Latossolos ou Argissolos Vermelho e/ou Amarelo de textura argilosa, conforme o sistema brasileiro de classificação de solos (SANTOS et al., 2018). Em relação à zona urbana da cidade,

predomina quintais com sistema agroflorestais, favorecendo a criação racional de abelhas sem ferrão nativas, com registro de oitos espécies diferentes nos quintais visitados (VIANA et al., 2021) além disso, é comum a inclusão de jardins nas frentes das casas, o que contribui como fonte de alimento para as abelhas.

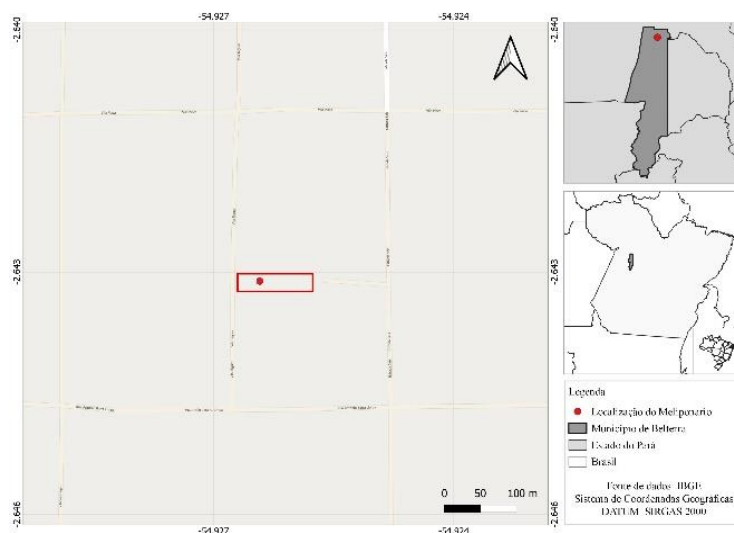


Figura 1. Localização do meliponário urbano, Belterra (PA), Brasil.

Fonte: Elaborado pela primeira autora, 2022.

Para identificar as abelhas, foram coletados 9 espécimes (operárias) de cada espécie em colmeias implantadas no meliponário de Belterra, Pará, Brasil. As abelhas foram coletadas com câmara mortífera, acondicionadas para transporte ao laboratório, sendo posteriormente montadas e etiquetadas, e, então, enviadas para identificação pela especialista Favizia Freitas de Oliveira do Laboratório de Bionomia, Biogeografia e Sistemática de Insetos da Universidade Federal da Bahia, Brasil.

Contudo, a escolha das espécies de abelhas sem ferrão (Tabela 1) para o presente estudo foi influenciada pelo fato de sua criação racional nos meliponários urbanos de Belterra, Pará, Brasil serem comuns e de seus méis serem muito apreciados. Foram identificadas 12 espécies oriundas dos meliponários urbano de Belterra e neste estudo foram selecionadas seis das espécies, sendo *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Tetragona clavipes*, *Scaptotrigona polystica* e *Melipona seminigra* por apresentar alta produtividade e a *Tetragonisca angustula* e *Friseomelitta longipes* por serem comum à sua criação.

2.2. Coleta do mel

O mel é um alimento de origem animal que assim como outros produtos alimentícios requer controle de qualidade. O uso de BPFs (Boas Práticas de Fabricação), são necessários para se obter um produto final de qualidade e seguro para o consumidor. Deve se ter higiene nas etapas de produção, que inicia no manuseio das colmeias no momento do manejo, o local de trabalho (meliponário e instalações de beneficiamento) manipulação, beneficiamento, armazenamento e expedição . (VILLAS-BÔAS, 2018).

As amostras de mel foram coletadas utilizando uma seringa de 20 mL, a fim de se obter cerca de 300 ml de cada espécie de abelha, o qual foi acondicionado em vidros âmbar estéril, hermeticamente fechados e devidamente identificados. Posteriormente, as amostras foram mantidas em refrigerador a uma temperatura de 5 °C até o início das análises.

Nessa etapa, dividiu-se a coleta em dois períodos, em maio (período chuvoso) e outubro (menos chuvoso) do ano de 2021. No total, foram 12 amostras de mel coletadas, sendo duas amostras para cada espécie. As amostras foram codificadas e estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Amostras de méis de espécies de abelhas sem ferrão coletadas no meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil.

Amostra	Nome popular	Nome Científico
01	Jataí	<i>Tetragonisca angustula</i> (Latreille, 1811)
02	Uruçu boca de renda	<i>Melipona seminingra pernigra</i> (Moure & Kerr, 1950)
03	Serena/Borá	<i>Tetragona clavipes</i>
04	Cacho de uva	<i>Friseomellita longipes</i> (Smith, 1854)
05	Canudo amarela	<i>Scaptotrigona aff. xanthotricha</i> (Moure, 1950)
06	Pinto caído	<i>Scaptotrigona polysticta</i> (Moure, 1950)

2.3. Análises físico-químicas das amostras de mel

Para as diferentes amostras de méis os parâmetros físico-químicos analisados foram: umidade, pH, índice de acidez, cinzas, condutividade elétrica, viscosidade, sólidos solúveis totais (Brix) e HMF (hidroximetilfurfural). Todos os ensaios foram realizados em duplicata, analisando como descritos abaixo e preconizados pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

2.3.2. Umidade e Sólidos Solúveis

Umidade e sólidos solúveis foram determinados por refratometria a 20°C, sendo utilizado refratômetro. Para interpretação dos dados de umidade foi usado a tabela de *Chataway* (AOAC, 1990; IAL, 1985). Os resultados foram expressos em percentual de umidade e os sólidos solúveis em

°Brix.

2.3.3. pH

O pH do mel foi determinado de acordo com o método descrito pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1990). Dissolvido 10 g de mel em 75 mL de água destilada. Esta solução foi colocada no pHmetro e determinado por leitura direta com o medidor de pH (Limatec modelo mPA – 210p).

2.3.4. Acidez total

Dez gramas de mel foram dissolvidos em 75 mL de água destilada, em seguida, titulada com hidróxido de sódio (NaOH) 0,05 N até obter um pH 8,5. O valor da acidez foi determinado, multiplicando por 5 o volume de NaOH gasto. Os resultados foram expressos em miliequivalentes de ácidos por 1000 g de mel (AOAC, 1990).

2.3.1. Cinzas

O conteúdo de cinzas das amostras de mel foi determinado por meio de incineração em muflaa 550°C de acordo com método (IAL, 2008). Foram pesados de 5 g de amostras de cada mel. Foram retiradas do forno mufla após 5 horas, e colocadas para resfriamento em dessecador, sendo posteriormente pesados até atingir peso constante, e o teor de cinzas foi quantificado através da equação % cinzas = $(100 \times N)/P$, onde N = massa do cadinho com resíduo menos massa do cadinho seco; P = massa em gramas da amostra.

2.3.5. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica do mel foi determinada de acordo com o método descrito por Sancho *et al.*(1991). Foi dissolvido 10 g de mel em 75 mL de água destilada e realizado a leitura da amostra num condutivímetro (Tecnal modelo HI 8820). Os resultados foram expressos $\mu\text{S cm}^{-1}$.

2.3.7. Viscosidade

Determinado em viscosímetro, acoplado a banho termostático, à temperatura de $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ a 1,5 rpm(CAMPOS, et al., 2000).

2.3.6. Hidroximetilfurfural (HMF)

O método AOAC padrão foi utilizado para determinar o conteúdo de hidroximetilfurfural das amostras de mel (AOAC, 1990). Foi pesado 5 gramas de mel dissolvidos em 25 ml de água destilada, tratados com 500 μl de Carrez I e 500 μl de soluções Carrez II e, em seguida, o volume chegou a 50 ml. A solução foi filtrada e os primeiros 10 ml foram descartados. A absorvância da solução filtrada foi medida pelo espectrofotômetro (UV-visível, FEMTO-700 plus) a 284 e 336 nm contra uma alíquota da solução filtrada tratada com NaHSO_3 .

O HMF foi determinado usando a seguinte equação, $\text{HMF (mg kg}^{-1}) = [(A_{284} - A_{336}) \times 149,7 \times 5] / \text{Peso da amostra}$.

2.3.8. Constituintes Voláteis de amostras de méis de abelhas sem ferrão

Para obtenção dos concentrados voláteis, cada 10 g de amostras de mel foram submetidos à destilação-extração simultânea (SDE), usando-se um extrator tipo Likens & Nickerson, água destilada e n-pentano como solvente (4 mL), pelo período de 2h (LIKENS e NICKERSON, 1964; SANDRA e BICCHI, 1987). Um sistema de refrigeração para manter a água de condensação entre 10-12° C, também foi usado.

Para identificação dos constituintes voláteis, foi utilizado um sistema de cromatografia em fase gasosa com detector de ionização de chamas (CG-DIC) e um sistema de cromatografia em fase gasosa acoplado a espectrometria de massas (CG-EM). Amostras dos concentrados voláteis foram injetadas no sistema CG-DIC/CG-EM (GC-2010 Ultra, com auto-injetor AOC-20i, Shimadzu Corp., Japão), em coluna capilar de sílica (RTx-5ms, Restek Corporation, USA) de 30 m x 0,25 mm (diâmetro) x 0,25 µm (espessura do filme), revestida de difenildimetilpolisiloxano (5%).

As condições de análise foram: temperatura do injetor, 250°C; programação de temperatura do forno, 60-240°C (3°C/min); hélio (99.995%) como gás de arraste, ajustado a uma velocidade linear de 36,5 cm/s (taxa de 1,0 mL/min); injeção da amostra (1 µL) no modo split; razão do split 1:10; ionização por impacto eletrônico (EI, 70 eV); temperaturas da fonte de ionização e da linha de transferência, 200 e 250 °C, respectivamente.

Os espectros de massa correspondentes foram obtidos por varredura automática, com 0,3 scans/s e os fragmentos de massas na faixa de 35-400 daltons. Os constituintes voláteis foram identificados por comparação de seus espectros de massas (massa molecular e padrão de fragmentação) e índices de retenção com os respectivos espectros de massa e índices de retenção existentes nas bibliotecas do sistema (NIST, 2011; ADAMS, 2007; MONDELLO, 2011).

Os índices de retenção foram calculados de acordo com Van den Dool e Kratz (1963) que relaciona o tempo de retenção dos constituintes da amostra ao tempo de retenção de uma série de hidrocarbonetos homólogos (C8-C40, Sigma-Aldrich, USA), injetados nas mesmas condições cromatográficas.

2.3.9 Análise Estatística

A análise estatística dos dados foi realizada através do pacote estatístico AgroStat versão 1.1.0.712 (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2014). Os dados foram submetidos

à análise de variância pelo teste F e diferenças significativas entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$), onde as letras minúsculas diferentes representam diferença estatística entre si. Os resultados foram apresentados na forma de média \pm desvio padrão Quadro 1.

3. Resultados e Discussão

3.1. Caracterização físico-química das amostras de mel

Os parâmetros físico-químicos tais como umidade, sólidos solúveis totais (Brix), pH, acidez total, cinzas, condutividade elétrica, viscosidade e HMF (hidroximetilfurfural) das 12 amostras de meis coletadas em maio e outubro de 2021 dentro das boas práticas de fabricação no meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil, estão apresentados no quadro 1.

Como descrito no Quadro 1, o teor de umidade variou de 16,0% para a amostra de mel de *Friseomellita longipes* (amostra 04) a 36,8% para *Melipona seminigra* (amostra 02). Embora, tenha ocorrido diferença significativa ($p > 0,05$) entre algumas das espécies de abelhas e entre os períodos de coleta do mel, todas as amostras apresentam umidade dentro dos parâmetros estabelecidos pela portaria N°7554/2021 publicada no Diário Oficial do Pará. Porém, quando comparado com a IN 11/2000 e (MAPA, 2000) e pelos valores esperados pelo *Codex Alimentarius* (OMS, 2001) somente a *Friseomellita longipes* (amostra 04) encontra-se dentro dos parâmetros estabelecidos para umidade que é de 20% (BRASIL, 2000).

No entanto, é importante destacar, que durante o período menos chuvoso não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre as abelhas com exceção das amostras três (*Tetragona clavipes*) e cinco (*Scaptotrigona aff. xanthotricha*) (Quadro 1). Observa-se que durante o período de maio (chuvoso) há uma maior variação do teor de umidade entre os meis das espécies de abelhas estudadas quando comparado com o período de outubro (menos chuvoso). De acordo com Silva et al. (2004) meís coletados em períodos chuvosos apresentam maiores teores de umidade, isso também foi observado para as espécies 1, 2, 3 e 6 descritas no Quadro 1.

Valores semelhantes foram encontrados em meís de abelhas sem ferrão, com uma

variação de 23,09 % a 34,6% em amostras de diferentes espécies da região de Santarém e Belterra, Pará (PIRES et al., 2020). Menezes et al., (2018) em análises de méis do Nordeste Paraense encontraram os seguintes valores para a espécie *M. fasciculata* 24,33 % e *M. flavolineata* 28,53%. Enquanto que Do vale et al., (2017) observaram valores para amostra de mel de *Melipona sp* no Acre, Brasil médias variando de 27,7 a 45,8 % de umidade.

Os teores de umidade são influenciados pela colheita, sazonalidade, fonte botânica e período de maturação do mel (SILVA et al., 2004; ALMEIDA-MURADIAN et al., 2007; FINOLA et al., 2007). Tal característica contribui para as alterações em sua composição físico-química e sensoriais (CAMARGO, OLIVEIRA E BERTO, 2017). Outros autores como: Silva et al. (2013) e Sousa et al. (2013) encontram teores de umidade elevados para os méis de abelhas sem ferrão.

O pH das amostras variou entre 3,0 a 3,9 (média e desvio padrão), (Quadro 1). A legislação brasileira não estabelece limites para valores de pH em mel, porém a portaria da IN N°7554/2021 (Adepará, 2021) para mel de abelhas sem ferrão estabelece valores variando de 2,9 a 4,5. O pH mesmo não fazendo parte da exigência do regulamento técnico nacional é um parâmetro importante durante a colheita e armazenagem do mel, pois o pH dentro dos valores estabelecido na portaria N°7554/2021 (Adepará, 2021). É um parâmetro importante, valores baixos inibem a presença e o crescimento de microrganismos e contribui para sua estabilidade, preservando ou aumentando o tempo de prateleira (SILVA et al., 2016).

Pires et al., (2020) encontraram valores de 3,59 a 6,85 para as espécies: *Melipona interrupta* (3,59), *Melipona seminigra* (3,68), e *Scaptotrigona aff. xanthotricha* (3,90), *Melipona sp* (4,65), *Scaptotrigona polysticta* (6,85), *Melipona interrupta* (6,85) em amostras de méis obtidas de meliponário de Santarém e Belterra. Menezes et al., (2018) avaliando méis de abelhas sem ferrão no Nordeste Paraense observaram que houve diferença nos valores de pH 4,28 para mel não pasteurizado e 4,46 para o mel pasteurizado para *Melipona flavolineata* e de 4,59 e 4,87 respectivamente para a amostra do mel da *Melipona fasciculata*.

Quando foi avaliado o índice de acidez total (soma da acidez livre + acidez lactônica) das amostras de méis foi observado que a amostra 01 apresentou o menor índice de acidez em ambos os períodos (5,63 mEq/kg-1 e 6,79 mEq/kg-1), enquanto que (amostra 03) apresentou o maior índice de acidez em ambos os períodos (24,67 mEq/kg-1 e 15,79 mEq/kg -

1) (Quadro 1). É importante destacar que todas as amostras se encontram dentro dos valores estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) e pela portaria N°7554/2021 (ADEPARÁ, 2021). Aguiar et al., (2016) em análises do índice de acidez total de amostras de méis coletados das espécies *Trigona spinipes* 220,94 (mEq kg⁻¹) *Tetragonisca angustula* 67,49 (mEq kg⁻¹) e *Tetragonisca weyrauchi* 43,37 (mEq kg⁻¹) encontraram os valores supracitados.

A variação dos tipos de ácidos orgânicos presente nas diferentes fontes de néctar coletados de diferentes fontes florais influenciam diretamente no teor de acidez dos méis, uma vez que as amostras têm origens botânicas únicas (OLIVEIRA; SANTOS, 2011) e as abelhas possuem enzimas específicas em sua mandíbula. (VIT; PEDRO; ROUBIK, 2013). Entretanto, méis de abelhas sem ferrão apresentam acidez extremamente variável com valores de 8,0 a 168 mEq kg⁻¹ (FONSECA et al., 2006; VIT; PEDRO; ROUBIK, 2013; SOUSA et al., 2016).

Pires et al., (2020) encontraram valores mínimo 1,40 mEq/kg⁻¹ (*Melipona interrupta*) e máximo 23,05 mEq/kg⁻¹ (*Scaptotrigona aff xanthotricha*). Silva et al. (2018) no estado do Amazonas, encontraram valores que variaram entre 30,60 e 81,30 mEq.kg⁻¹. A acidez é critério importante de avaliação do mel, pois influencia diretamente no flavor e na sua conservação (Aroucha et al., 2008), uma vez que é alterada pela fermentação. O valor estipulado pela IN 11/2000 e exigido pelas legislações internacionais estabelecem valores de acidez até 50 mEq/Kg (Brasil, 2000) e (Codex Alimentarius, 1990).

Observa-se que embora a acidez seja um parâmetro de controle de qualidade no quesito de deterioração, os estudos dependendo da espécie de abelha ou local de colheita têm apontado valores acima dos estabelecidos nas legislações vigentes (SILVA et al., 2018; Aguiar et al., 2016). Portanto, é fundamental estabelecer parâmetro específico para méis de abelhas sem ferrão, haja a vista que existe uma variação grande de valores para acidez a depender da espécie de abelhas e localização geográfica.

Valores elevados de acidez livre são indicadores da ocorrência de fermentação dos açúcares pela ação de micro-organismos, sendo 50 mEq kg⁻¹ o nível máximo de acidez permitido pela IN n° 11 de 2000, que regulamenta méis de abelha *Apis mellifera* (BRASIL, 2000).

O teor de cinzas que representa a presença de minerais total nas amostras de méis (quadro 1) variou de 0,08 a 0,6% entre as espécies e o período de colheita, sendo valores maiores para o período menos chuvoso (Quadro 1), resultado que está em conformidade com a legislação brasileira e instrução normativa do Estado do Pará, que estabelece que o teor máximo de cinzas permitido em méis é de 0,6 % (BRASIL, 2000; ADEPARÁ, 2021). Aguiar et al., (2016) encontraram valores semelhantes para cinzas (%) nas amostras de méis de ASF, variando de 0,32 a 0,93, exceto para a espécie *Trigonaspinipes* que está acima do valor estabelecido pela legislação brasileira.

Pires et al., (2020) encontraram em amostras de méis de abelhas nativas de Santarém e Belterra, Pará, teores de cinzas variando de 0,61% a 0,69% em quatro amostras de 13 analisadas, acima do recomendado pela legislação de referência, indicando alteração na qualidade do ambiente. Valores semelhantes foram encontrados em amostras de méis do gênero *Melipona sp.*, apresentou uma variação de 0,02% a 0,56%, na região da Ilha do Marajó, Pará, Brasil (FREITAS et al., 2022).

O teor de cinzas evidencia a presença de minerais (BILUCA et al., 2016). Além disso, é um indicativo de qualidade ambiental, da origem geográfica do néctar coletado de algumas espécies botânicas, a possíveis alterações ou má procedimentos desde a colheita a boas práticas de manipulação e fabricação nas etapas (PIRES et a., 2020; SANTOS, MOREIRA & MARIA, 2015; SOUZA et al. 2016 e SILVA et al., 2012).

Em relação aos sólidos solúveis totais (SST) (°Brix) as amostras apresentaram valores entre 62,0 e 80,9 (°Brix). Ressaltando que os maiores teores foram encontrados no período chuvoso (Tabela 2). Os sólidos solúveis (°Brix) indicam a quantidade, em gramas, dos sólidos que se encontram dissolvidos na água de um alimento (CAMPOS et al., 2010). Várias pesquisas realizadas em amostras de méis do Pará, Maranhão e Acre verificaram os sólidos solúveis em amostras de mel de ASF o qual variaram 61,80 a 77,50 °Brix (CAMPOS et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2013; SILVA et al., 2013b; FERNANDES et al., 2018; DO VALE et al., 2018; PIRES et al., 2020).

Os valores para condutividade elétrica encontrados variaram de 247 (amostra 2) a 1476 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (amostra 3), apresentando diferenças significativas das médias ao nível de

probabilidade de 5% ($p < 0.05$) entre as amostras, a amostra 3 apresenta o maior valor, do gênero *Tetragona*, nos dois períodos analisados. Pesquisas de Pires et al., (2020) encontraram valores de 453 a 714 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$; Souza et al., (2016) de 300 a 670 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e Alves et al., (2005) 267,50 a 462. Do vale et al., (2018) encontraram valores de 277,7 a 513,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Este parâmetro não é exigido pela legislação nacional e nem pelo Regulamento Técnico de Qualidade de mel de abelhas sem ferrão do estado do Pará, mas, é um requisito estabelecido pela Europa, sendo 800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ o máximo aceitável *Codex Alimentarius* (1990). Sendo assim, todas as amostras se enquadram nas normas nacionais, porém, 25% das amostras obtiveram valores acima de 800 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, não se enquadrando nas normas da *Codex Alimentarius*.

O valor de condutividade elétrica estar relacionado com o teor de minerais e da acidez do mel: quanto maior forem os seus conteúdos, maior será a condutividade resultante (BOGDANOV; MARTIN; LULLMANN, 2002). Os autores Chuttong et al. (2016), De Sousa et al. (2016) e Alvarez Suarez et al. (2018) ao analisarem mel de abelhas sem ferrão encontraram valores de condutividade elétrica variando de 0,3 a 6,7 mS cm^{-1} .

A viscosidade (quadro 1) mínimo foi a amostra 5 (*Scaptotrigona aff. xanthotricha*), apresentou mel mais fluido, e o mais viscoso o mel da espécie *Friseomellita longipes* com valores de 9.658 no mês de maio e 960 no mês de outubro de 2021. A viscosidade não é um parâmetro exigido pela legislação, geralmente os méis de ASF apresentam maior fluidez, influenciados pelo maior teor de água, porém, uma análise importante para a definição do equipamento que será utilizado no momento da colheita, envase e armazenamento (ALVES et al., 2005). Ressalta que é uma característica do mel de abelhas sem ferrão, independente do período da colheita, exceto para o mel do gênero *Friseomellita*.

A condutividade elétrica não é um parâmetro exigido pelas legislações brasileiras e nem portaria estadual, porém, pode contribuir para nas análises para evitar adulteração e substituir a análises de cinzas. Yücel & Sultanoglu (2013), relataram que a condutividade elétrica é um parâmetro comum no controle de qualidade do mel e possui correlação positiva com o teor de cinzas e acidez.

Os resultados (tabela 2) variam de 247 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para a (amostra 02) e 1476 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para a (amostra 03) no período chuvoso e as mesmas amostras no período menos chuvoso

apresentaram valores diferentes (quadro 1). Alguns resultados similares foram encontrados por outros pesquisadores como: Cavalcanti, (2016) obteve condutividade elétrica variando entre 213,87 e 799,95 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Silva, (2018) obteve condutividade elétrica variando de 207,00 a 550,92 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para a espécie *Melipona seminigra merrillae* e condutividade elétrica variando de 178,28 a 550,92 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ para a espécie *Melipona Interrupta*.

As amostras obtiveram valores de HMF entre 0,59 a 10,68 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, atendendo a legislação nacional, a taxa limite até 60 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (BRASIL, 2000) e o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de abelhas nativas sem ferrão do Estado do Pará. Portaria N°7554/2021 (Adepará, Pará), orienta até 40 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, enquanto que a *Codex Alimentarius* permite até 80 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ para melisprovenientes de países tropicais (BOGDANOV; MARTIN; LÜLLMANN, 1997).

Tais resultados apontam a pureza dos melis, as boas práticas na colheita e no armazenamento. Aguiar et al., (2016) encontraram valores de teor de 5-hidroximetilfurfural medido em $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ variando de 19,59 e máximo de 24,73, estando dentro das normas brasileiras que estabeleceu o máximo de 60 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (BRASIL, 2000). É um produto resultado da reação de Maillard que pode ser catalisada pela presença de ácido ou quando o mel é submetido a tratamento térmico ou exposto a altas temperaturas e a adição de adulterante de açúcares ou água (SILVA et al., 2012; ALMEIDA-FILHO, et al., 2011).

Da mesma forma, o Hidromexitilfurfural (5-HMF) também avalia a qualidade do mel, quando submetido a superaquecimento ou mal armazenamento, podendo sofrer reações de maillard, ou pela decomposição de monossacarídeos, quando o mel é aquecido, armazenado incorretamente, ou adicionado de xarope invertido, comprometendo sua qualidade e tornando impróprio para consumo (SIDDIQUI et al., 2016).

O teor de 5-hidroximetilfurfural medido em $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ variou com o mínimo de 19,59 ($\pm 0,65$) e máximo de 24,73 ($\pm 0,19$), estando dentro das normas brasileiras que estabeleceu o máximo de 60 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (BRASIL, 2000). Este metabólito é um produto formado da reação de Maillard que pode ser catalisada pela presença de ácido ou quando o mel é submetido a tratamento térmico (SILVA et al., 2016). Outros fatores que podem também contribuir para a formação de 5-HMF, é a elevada temperatura de armazenamento, adição de adulterante de açúcares ou água (ALMEIDA-FILHO, et al., 2011).

De acordo com a legislação vigente no Brasil, o controle de qualidade do mel baseia-se nas análises físico-químicas para o mel de *Apis mellífera*, abrangendo: **maturidade** (açúcares redutores, sacarose aparente, **umidade**); **pureza** (sólidos insolúveis em água, **minerais ou cinzas, pólen**); e **deterioração** (**acidez livre**, atividade diastásica e **hidroximetilfurfural - HMF**) (BRASIL, 2000). O Estado do Pará regulamentou o mel de abelhas sem ferrão através da portaria N°7554/2021 publicada no Diário Oficial do Estado, alterando alguns parâmetros como a umidade, açúcares redutores, acidez livre, HMF e incluindo o pH como obrigatório e excluindo a atividade diastásica.

Quadro 1. Parâmetros físico-químicos de meis de abelha sem ferrão do meliponário urbano de Belterra, Pará.

Períodos	Amostras	Umidade (%)	pH	Acidez (mEq.kg ⁻¹)	Cinzas (%)	C.E (μS.cm ⁻¹)	Viscosidade	S.S.T (°Brix)	HMF (mg/kg)
Maio	1	29,5 ^c ±0,06	3,35 ^b ±0,01	5,63 ^d ±0,44	0,55 ^a ±0,00	526,5 ^d ±4,00	530 ^b ±14,79	72,9 ^b ±0,92	0,94 ^a ±0,03
	2	36,8 ^a ±0,33	3,12 ^c ±0,06	6,86 ^c ±0,15	0,23 ^c ±0,02	247,0 ^e ±7,54	0,00 ^f ±0,64	65,55 ^d ±0,71	0,80 ^b ±0,00
	3	34,25 ^b ±0,40	3,31 ^b ±0,06	24,67 ^a ±0,32	0,56 ^a ±0,01	1476,5 ^a ±8,24	111 ^e ±0,76	67,75 ^d ±0,21	0,91 ^a ±0,02
	4	16,00 ^e ±0,5	3,55 ^a ±0,15	9,71 ^b ±0,47	0,55 ^a ±0,06	707,5 ^b ±4,00	9719 ^a ±85,61	80,95 ^a ±0,00	0,44 ^c ±0,03
	5	27,25 ^d ±0,68	3,33 ^b ±0,01	5,58 ^d ±0,03	0,53 ^a ±0,02	617,50 ^c ±2,59	252,5 ^c ±2,88	71,05 ^b ±0,13	0,39 ^c ±0,02
	6	29,35 ^c ±0,44	3,4 ^b ±0,06	6,69 ^c ±0,09	0,44 ^b ±0,01	716,50 ^b ±1,17	171 ^d ±0,76	69,85 ^b ±0,13	0,47 ^d ±0,03
Outubro		Umidade (%)	pH	Acidez (mEq.kg ⁻¹)	Cinzas (%)	C.E (μS.cm ⁻¹)	Viscosidade	S.S.T (°Brix)	HMF (mg/kg)
	1	24,85 ^c ±0,18	3,53 ^b ±0,15	6,79 ^d ±0,09	0,08 ^c ±0,00	465,50 ^c ±28,51	765 ^b ±6,42	66,5 ^b ±0,62	0,60 ^d ±0,01
	2	23,76 ^c ±0,13	3,54 ^b ±0,01	10,5 ^b ±0,03	0,12 ^d ±0,03	302,00 ^d ±5,18	500 ^c ±0,64	64,5 ^c ±0,78	10,70 ^a ±0,01
	3	32,25 ^a ±0,12	3,97 ^a ±0,01	15,65 ^a ±0,21	0,13 ^d ±0,01	1076,00 ^a ±42,89	245 ^e ±6,42	63,75 ^c ±1,68	3,75 ^b ±0,34
	4	23,01 ^c ±0,02	3,64 ^b ±0,01	10,98 ^b ±0,11	0,50 ^a ±0,06	1056,00 ^a ±41,95	910 ^a ±71,86	68,00 ^a ±0,78	2,99 ^b ±0,28
	5	28,16 ^b ±0,86	3,88 ^a ±0,01	10,61 ^b ±0,37	0,27 ^b ±0,01	575,00 ^b ±0,94	225 ^e ±6,42	62,5 ^c ±0,62	1,80 ^c ±0,05
6	25,4 ^c ±0,21	3,29 ^c ±0,09	8,05 ^c ±0,30	0,01 ^c ±0,00	568,00 ^b ±6,12	355 ^d ±21,86	64,6 ^c ±0,21	3,00 ^b ±0,13	

Os resultados estão expressos em valores médios ± Desvio padrão, seguidos por letras minúsculas, onde letras diferentes apresentam diferença estatística ao nível de $p < 0,5$ pelo teste de Tukey.

*Condutividade elétrica, **sólidos solúveis totais (SST)

3.2 Compostos voláteis dos meis de abelhas sem ferrão

O uso da cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa (GC-MS) permitiu a detecção de 49 compostos nas amostras de méis das abelhas sem ferrão (Quadro 2). Entre os 49 compostos voláteis identificados, os monoterpenos oxigenados foram encontrados nas amostras 01, 02, 04, 05 e 06 sendo o maior percentual (83,6%) encontrado para a amostra de mel de *Friseomellitalongipes* no período menos chuvoso.

Por outro lado, os sesquiterpenos oxigenados foram detectados apenas na amostra 01 para o período mais chuvoso (48,8%). Além dos compostos voláteis foi identificado também nas amostras 02, 04 e 06 o ácido oleico. Estudos em amostras de meis do gênero *Melipona* da região do estado do Amazonas, Amazônia - Brasil, foram encontrados os compostos identificados pertencentes a diferentes classes químicas incluindo terpenos, hidrocarbonetos lineares, álcoois, ésteres, cetonas não aromáticas, aldeídos, derivados do benzeno e heterocíclicos com anéis furano e pirazina (SILVA, 2018). De acordo com Manyi-Loh; Anip e Clarke, (2011); Silva et al. 2012 afirma que as classes que mais se destacam em amostras de meis são: os monoterpenos, norisoprenóides, sesquiterpenos, benzenoides, álcoois, ésteres, cetonas e aldeídos.

Nas análises dos meis multiflorais nos dois períodos (chuvoso e menos chuvoso) e da variedade das seis espécies de abelhas, foi observado que existe alguns constituintes que estão presente em ambas as amostras de méis e nos dois períodos de coletas. Entretanto, é observado que existe particularidades em cada amostra, ou seja, sofrem influência da espécie de abelhas produtoras das flores visitadas.

Em méis, os compostos de aroma podem ser originados da transferência de constituintes voláteis da planta, conversão de constituintes da planta pela abelha, produção de compostos pela abelha, produção de compostos durante o processamento pós-colheita e ação de micro-organismos. O aroma de méis são específicos devido à presença de constituintes voláteis na sua maioria derivados do néctar de origem e das condições climáticas presentes na região geográfica onde está localizada a colmeia (CUEVAS-GLORY et al., 2007; YANG et al., 2012; CASTRO-VÁZQUEZ et al., 2014).

O Linalool foi identificado nas amostras 02 no período menos chuvoso (62,45%) e na

amostra 06 no período chuvoso (22,99%). De acordo com a literatura este constituinte possui atividades antimicrobiana e anti-inflamatória (BEIER et al, 2014; HUO et al, 2013). Em estudos de amostragem de meias do gênero *Melipona* do Estado do Amazonas o Linalool se destacou entre os 19 compostos voláteis identificados por cromatografia gasosa e espectro de massas (SILVA, 2018).

De acordo com (KARABAGIAS et al., 2014; CASTRO-VASQUEZ et al., 2014; SEISONEN et al., 2015) alguns constituintes voláteis são típicos de meias com origem floral ou de uma origem geográfica específica (clima, solo e vegetação) surge como uma alternativa para determinação de sua origem, a partir da composição de sua fração volátil.

Porém, apenas os compostos derivados da espécie vegetal e seus metabólitos (terpenos, norisoprenoides, benzeno e seus derivados) devem ser usados como base na descrição da origem floral (MANYI-LOH et al., 2011). Visto que ambas análises foram realizadas na Amazônia, mesobioma, por mais que sejam ecossistemas diferentes, mas apresentam semelhanças climáticas e na vegetação.

Quadro 2. Constituintes voláteis de amostras de meias de seis espécies de abelhas sem ferrão demeliponário urbano de Belterra, Pará produzido em dois períodos (chuvoso e menos chuvoso).

RI^c: Índice de retenção calculada

RI^l: Índice de retenção da literatura

Em estudos de amostras de meis do gênero *Melipona* do Estado do Amazonas encontraram 19 compostos voláteis por cromatografia gasosa, destacando -se o Linalool em todas suas amostras. Ressaltando que no presente estudo o Linalool foi encontrado apenas nas amostras de meis da *Melipona seminigra* e *Scaptotrigona polysticta*. Os cromatogramas dos compostos voláteis das 12 amostras de méis analisadas por CG-MS com seus respectivos picos de retenção dos dois períodos estão disponíveis no apêndice.

4. Conclusão

As amostras de meis de espécies de abelhas sem ferrão nativas colhidas nas colmeias de um meliponário urbano de Belterra, Pará, Brasil, não são contempladas em todos os parâmetros de controle de qualidade proposto pelo *Codex Alimentarius*, Ministério de Agricultura e pecuária – MAPA (Brasil, 2000) e pela Portaria N°7554/2021 (Adepará, 2021), por mais que a colheita tenha sido realizada dentro das boas práticas de fabricação. Os resultados físico-químicos e o perfil dos constituintes voláteis (Quadro 1 e Quadro 2) variaram entre espécies produtoras e período da colheita, mesmo as abelhas estando dentro de um mesmo ambiente, expostas as mesmas condições climáticas.

Os resultados apresentados nesse trabalho, podem auxiliar no conhecimento de dados físico-químicos de méis de abelhas sem ferrão servindo como subsídio para requisitos de qualidade do produto *in natura*, e leva à necessidade de se intensificar os estudos de diferentes méis de abelhas sem ferrão da Amazônia, a fim de estabelecer um padrão coerente a uma futura legislação brasileira que possa assegurar a qualidade e identidade deste produto, visto que, quando comparado o mel de espécies de abelhas sem ferrão, *Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragonaclavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes* obtidos de colmeias de um meliponário da zona urbana de Belterra, Baixo Amazonas (Pará, Brasil), foi identificado diferenças entre os parâmetros físico-químicos e constituintes voláteis entre as amostras e entre os períodos de colheita de um mesmo ambiente, e a legislação vigente refere-se ao mel de abelhas *Apis mellifera*.

5. Referências

ADAF. Agência de Defesa Agropecuária e Florestal do Estado do Amazonas. Portaria ADAF nº 253 de 31 de outubro de 2016. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelha Social Sem Ferrão. Diário Oficial do Estado, Amazonas, 01 de novembro de 2016.

ADAB. Agência Estadual de Defesa Agropecuária da Bahia. Portaria nº 207 de 21 de novembro de 2014. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelha social sem ferrão, gênero *Melipona*. Decreto nº 9.023 de março de 2004 e Art. 174, Parágrafo Único, 26 de nov. 2014.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 4. ed., 804 p., 2007.

ADAPAR. Agência de Defesa Agropecuária do Paraná. Portaria nº 63 de 10 de março de 2017. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelhas sem ferrão para o estado do Paraná. Decreto nº 94.377 de abril de 2012 e Art. 3º, Parágrafo Único, 16 de março. 2017.

ADEPARÁ. Portaria N°7554/2021. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelhas Nativas Sem Ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini)**. Diário Oficial do Estado do Pará N° 34.773, p51, 22 de novembro de 2021.

AOAC. **Official Methods of Analysis of AOAC International**, 17 ed. Gaithersburg: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

BRASIL. Instrução Normativa 11 de 20 de outubro de 2000. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel**. Diário Oficial da União. Legislação de Produtos Apícolas Derivados. Abastecimento. p. 23, 2000.

AGUIAR, K. L.; DÉLCIO DIAS MARQUES, D. D.; SARTORI, R. A.; SILVA, K.

L.; SCARANTE, G. C. **Parâmetros físico-químicos do mel de abelha sem ferrão do Estado do Acre**. Enciclopédia Biosfera, v.13, n.23, 2016.

ALMEIDA FILHO, José Pereira de; MACHADO, Antônio Vitor; ALVES, Fernanda Maslova Soares; QUEIROGA, Kamila Honório de; CÂNDIDO, Ana Flávia de Melo. **Estudo físico-químico e de qualidade do mel de abelha comercializado no município de Pombal – PB**. Revista Verde (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.3, p.83 - 90 <http://revista.gvaa.com.br>. julho/setembro de 2011.

ALJOHAR, HI, MAHER, HM, ALBAQAMI, J., AL-MEHAIZIEM., ORFALI, R., ORFALI, R., & ALRUBIA, S. **Triagem física e química de amostras de mel disponíveis no mercado saudita: Um aspecto importante no processo de autenticação e avaliação de qualidade**. Saudi Pharmaceutical Journal, 26 (7), 932-942. 2018.

ALVES, R. M. de O. et al. **Características físico-químicas de amostras de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae)**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 4, p.644-650, 2005.

ARAÚJO J.S.; CHAMBÓ E.D.; COSTA M.A.P.C.; CAVALCANTE DA S.M.P.S.; LOPES DE CARVALHO C.A.; ESTEVINHO ML. **Chemical composition and biological activities of mono- and heterofloral bee pollen of different geographical origins**. *International Journal of Molecular Sciences*, 18: 1-15. 2017.

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

ATAGO. **Refratômetro para mel**. *Abelhas*, v. 31, n. 362/363, p. 9; 11-12; 41; 44, 1988.

ALMEIDA-MURADIAN LB, MATSUDA AH, BASTOS DHM. **Physicochemical parameters of Amazon *Melipona* honey**. *Química Nova*

Mai./Jun. 30(3):707-708. 2007.

ALVAREZ-SUAREZ, J. M. et al. ***Apis mellifera* vs *Melipona beecheii* Cuban polyfloral honeys: A comparison based on their physicochemical parameters, chemical composition and biological properties.** LWT Food Science and Technology, v. 87, p. 272-279, 2018.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat - **Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos.** Versão 1.1.0.712, 2014.

BEIER R.C. et al. **Evaluation of linalool, a natural antimicrobial and insecticidal essential oil from basil: effects on poultry.** Poult Science. 93, 267–272, 2014.

BELAY, A., Haki, G. D., Birringer, M., Borck, H., Addi, A., Baye, K., & Melaku, S. **Rheology and botanical origin of Ethiopian monofloral honey.** LWT - Food Science and Technology, 75, 393-401. doi: Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae) 2017.

BILUCA, F. C. **Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae).** Journal of Food Composition and Analysis, 50. 2016.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LULLMANN, C. Harmonised methods of the international honey commission, Swiss Bee Research Centre, FAM, Liebefeld, 2002.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LULLMAN, C. Harmonized methods of the European honey commission. Apidologie, p. 1-59, 1997.

BRASIL. Instrução Normativa 11 de 20 de outubro de 2000. **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. Diário Oficial da União.** Legislação de Produtos Apícolas Derivados. Abastecimento. p. 23, 2000.

CAMPOS, G.; MODESTA, R. C. D. **Diferenças sensoriais entre mel floral e mel de melato**. Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 59, n. 1-2, p. 7-14, 2000.

CAMPOS, F. S.; GOIS, G.C.; CARNEIRO, G.G. **Parâmetros físico-químicos do mel de abelhas *Melipona scutellaris* produzido no Estado da Paraíba**. FAZU em Revista, n.7, p.186-190, 2010.

CAMARGO, R. C. R. DE; OLIVEIRA, K. L. DE; BERTO, M. I. **Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação**. Brazilian Journal of Food Technology, v. 20, n. 0, 2017.

CASTRO-VÁZQUEZ, L. et al. **Floral origin markers for authenticating Lavandin honey (*Lavandula angustifolia* x *latifolia*)**. Discrimination from Lavender honey (*Lavandula latifolia*). Food Control, v. 37, p. 362-370, 2014.

CAVALCANTI, P. B. **Caracterização físico-químicas de mel de *Melipona mandacaia* Smith (Hymenoptera: Apidae) no submédio São Francisco**. 2016. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2016.

CHUTTONG, B. et al. Physicochemical profiles of stingless bee (Apidae: Meliponini) honey from South East Asia (Thailand). Food Chemistry, v. 192, p. 149-155, 2016a.

CIPOA. Centro de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Resolução SAA - 52, de 03 outubro de 2017. Regulamento técnico de identidade, o padrão de qualidade e os requisitos do processo de beneficiamento do mel, destinado ao consumo humano elaborado pelas abelhas da subfamília Meliponinae (Hymenoptera, Apidae), conhecidas como abelhas sem ferrão. Diário Oficial da União, São Paulo, 06 de out. 2017, Seção 1, p. 28.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. Official methods of analysis. v. 3, Suppl. 2, 1990. Cooperativa dos produtores de cana, açúcar e álcool do estado de São Paulo – COPERSUCAR. Métodos analíticos. In:

COPERSUCAR. **Manual de controle químico de produção de açúcar.** Piracicaba: Copersucar, p. 1-51, 1987.

CODEX ALIMENTARIUS. Revised codex standard for honey. Rev. 2, 24th session of the Codex Alimentarius, 2001.

CUEVAS-GLORY, L. F.; Pino, J. A.; Santiago, L. S.; Sauri-Duch, E. **A review of 121 volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey.** Food Chemistry, v. 103, p.1032-1043, 2007.

De SOUSA, J. M. B. et al. **Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semi-arid region.** LWT-Food Science and Technology, v. 65, p. 645-651, 2016.

DO VALE, Marcus Augusto Damasceno; GOMES, Fábio Augusto; Santos, Betina Raquel Cunha DOS; FERREIRA, Josimar Batista. **Honey quality of Melipona sp. bees in Acre, Brazil.** Acta Agron. 67 (2) p 201-207. 2018.

ESTEVINHO, L.M. et al. **Characterization of *Lavandula* spp. honey using multivariate techniques.** PLoS One, v. 11, n. 9, e0162206, 2016. Disponível: <http://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0162206&type=printable> >. Acesso: 29 de Março de 2021.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I.G.; CONTI-SILVA, A. C. **Microbiological and physical-chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two regions of Brazil.** Rev. Ciência Rural, vol. 48, n.5, Santa Maria, 2018.

FREITAS, Endril Pablo Brasil DE; Craveiro, Rayana Silva; Assunção, João Marcos Batista de; Lopes, Yasmin Martins dos Santos; Junior, Elivaldo Nunes Modesto; Souza, Ronilson Freitas de. **Caracterização físico-química em méis de abelhas produzidos no município de Cachoeira do Arari –Ilha de Marajó, Pará.** Research, Society and Development, v. 11, n.3, 2022.

FINOLA, M. S., LASAGNO, M. C., MARIOLI, J. M. **Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina.** Food

Chemistry, 100, 1649-1653. 2007.

HUO et al. **Antiinflammatory effects of linalool in RAW 264.7 macrophages and lipopolysaccharide-induced lung injury model.** Journal of Surgical Research. 180, 47–54, 2013.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985.

IAL—INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para Análise de Alimentos.** 4thEdition, Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, 2008.

KARABAGIAS IK, BADEKA A, KONTAKOS S, KARABOURNIOTI S, KONTOMINAS MG. **Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics.** Food Chem.146(1):548–57. 2014.

KHAN, S. U., ANJUM, S.I., RAHMAN, K., ANSARI, M. J., KHAN, W. U, S. KHAN, H.U. **Honey: Single food stuff comprises many drugs.** Saudi Journal of Biological Sciences, 25 (2),320-325. 2018.

LIRA, A. F.; SOUSA, J. P. L. M.; LORENZON, M. C. A.; VIANNA, C. A. F. J.; CASTRO, R. N. **Estudo comparativo do mel de Apis mellifera com méis de Meliponíneos.** Acta VeterináriaBrasílica, v. 8, n. 3, p. 169-178, 2014.

LIKENS, S. T.; NICKERSON, G. B. **Detection of certain hop oil constituents in brewing products. In: Proceedings. Annual meeting-American Society of Brewing Chemists.** Taylor &Francis. p. 5-13. 1964.

LENGLER, S. **Inspeção e controle de qualidade do mel.** 2001. Disponível em: http://www.sebraern.com.br/apicultura/pesquisas/inspecao_mel01.doc. Acesso em: 30/04/2021.

MANYI-LOH, C.E.; Clarke, A.M.; Ndip, R.N. **An overview of honey: Therapeutic propertiesand contribution in nutrition and human health.**

Afric. J. Microbiol. Res. 2011, 5, 844–852.

MENEZES, B. A. D.; MATTIETTO, R. A.; LOURENÇO, L. F. H. **Avaliação da qualidade deméis de abelhas africanizadas e sem ferrão nativas do nordeste do Estado do Pará.** *CiênciaAnimal Brasileira*, v. 19, p. 1-13, 2018.

OLIVEIRA, Keily A. M.; RIBEIRO, Luciana S.; OLIVEIRA, Glauco V. **Caracterização microbiológica, físico-química e microscópica de mel de abelhas Canudo (*Scaptotrigona depilis*) e Jataí (*Tetragonisca angustula*).** *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.15, n.3, p.239-248, 2013.

OLIVEIRA, J. T L. B; LIMA, L. F; SILVA, K. J. S; VASCONCELOS, A. A; JÚNIOR, P. S. T. **Avaliação da qualidade do mel de abelhas sem ferrão produzidos no município de Óbidos -Pará, Brasil.** *Ciência e Tecnologia de Alimentos/ Tecnologia de Alimentos*. 2019.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. da C. **Análise físico-química de méis de abelhas africanizadæ nativa.** *Instituto Adolfo Lutz, São Paulo*, v. 70, n. 2, p.132-8, 2011.

PIRES, A. P.; SILVA, S. M. P. C.; PACHECO, A.; AZEVEDO, H. H. F.; MORAES, J. R. S. C.; MOREIRA, D. K. T.; PEMA, D. A. G.; CARVALHO, C. A. L. **Perfil físicoquímico dosméis de diferentes espécies de abelhas sem ferrão do Oeste do Pará, Amazônia Brasileira.** *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 59251-59268, 2020.

PITA-CALVO, C., & VÁZQUEZ, M. **Honeydew Honeys: Uma revisão sobre a caracterização eautenticação de origens botânicas e geográficas.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (11), 2523–2537. 2018.

RIBEIRO, M. F., DA SILVA, R. Z., & DOMINGOS, R. N. **Quality of Honey Produced by FourSpecies Of Stingless Bees in the Central Region of the State of Tocantins.** *Sociobiology*, 69(2),e7322. 2022.

SANDRA, P. ; BICCHI, C. **Capillary gas chromatography in essential oil analysis.** 1987.

SANTOS, A. R.F.A; MOREIRA, C.A.B. DE MARIA, **Study of the principal constituents of tropical angico (*Anadenanthera* sp.) honey from the atlantic forest**, Food Chemistry, Volume171, Pages 421-425, 2015.

SEISONEN et al. **Characterisation of the aroma profiles of honeys and corresponding flowers using solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry**. Food Chemistry, v. 169, p. 34-40, 2015.

SIDDIQUI, A.J., MUSHARRAF, S.G., IQBAL CHOUDHARAY, M., RAHMAN, A-u. **Application of Analytical Methods in Authentication and Adulteration of Honey**, FoodChemistry, 2016.

SILVA, C L. D.; QUEIROZ, A. J. D. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. D. **Caracterização físico- química de méis produzidos no Estado do Piauí para diferentes floradas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 8(2/3), 260-265, 2004.

SILVA, C. V. da. **Características físico-químicas de mel de capixingui e silvestre da região de Ortigueira-Pr**. 2013. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2013.

SILVA, W. P. **Abelhas sem ferrão: muito mais do que uma importância econômica**. Natureza on line Santa Teresa, v. 10, n. 3, p. 146-152, 2012. Disponível em: <www.naturezaonline.com.br>. Acesso em: 10 de agosto de 2022.

SILVA, M. Q. **Estudo físico-químico, químico e melissopalínológico de méis sazonais das espécies (*Melipona seminigra merrillae* e *Melipona interrupta latreille*) de meliponicultores da mesorregião amazônica-Am**. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) - Universidade Federal do Amazonas, 2018.

SOUSA, J. M.; SOUZA, E. L. DE; MARQUES, G.; et al. **Polyphenolic profile and antioxidant and antibacterial activities of monofloral honeys produced by Meliponini in the Brazilian semiarid region**. Food Research International, v. 84, p. 61–68, 2016.

VIANA, A. P. DA S.; PAULETTO, D.; GAMA, J. R. V. ; PIRES, A. P.;

AZEVEDO, H. H. F.;PACHECO, A. **Meliponiculture in agroforestry systems in Belterra, Pará, Brazil.** ACTA Apícola Brasilica (2021). v.9, e 7913. Pombal, Paraíba, Brasil , 2021.

VILLAS-BÔAS, JERÔNIMO. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral dos Produtos das Abelhas Nativas Sem Ferrão.** Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). 2a edição. Brasil, 2018.

VIT, P.; PEDRO, S. R. M.; ROUBIK, D. W. **Pot-honey a legacy of stingless bees.** New York:Springer, 2013.

VAN DEN DOOL, H. A. N. D.; KRATZ, P. Dec. **A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas-liquid partition chromatography.** 1963.

YANG, Y.; BATTESTI, M. J.; MUSELLI, A.; TOMI, P; COSTA, J. **Melissopalynological origin determination and volatile composition analysis of Corsican “Erica arborea spring maquis” honeys.** Food Chemistry, v. 134, p. 37-47, 2012.

YÜCEL, Y.; SULTANOGLU, P. **Characterization of honeys from Hatay region by their physicochemical properties combined with chemometrics.** Food Bioscience I, 1, p.16– 25, 2013.

Considerações finais geral

O conhecimento das plantas visitadas pelas abelhas, seus períodos de florescimento e os recursos ofertados, são informações importantes para que os meliponicultores entendam o relacionamento entre o pasto melitófilo e suas colmeias, e possam assim, identificar períodos de abundância e escassez de alimentos, bem como, a preservação da flora nativa, pois as abelhas respondem por cerca de 80% da polinização dos vegetais e cultivar outras espécies de interesse. Dessa forma, a meliponicultura contribui, de forma eficaz, para minimizar a interferência e a degradação da natureza, corroborando com a produção integrada na agropecuária.

Quando avaliamos o espectro polínico das amostras de méis das diferentes espécies de abelhas sem ferrão (*Scaptotrigona aff. xanthotricha*, *Scaptotrigona polysticta*, *Tetragona clavipes*, *Tetragonisca angustula*, *Melipona seminigra*, *Friseomelitta longipes*), foi observado que as abelhas coletaram 90 tipos polínicos no período chuvoso (maio) e 102 tipos no período menos chuvoso (outubro). As fontes de pólen foram utilizadas de forma variada entre as espécies de abelhas, sendo que *Tetragona clavipes* teve uma dieta mais ampla e diversificada, enquanto *Melipona seminigra* foi a que menos diversificou suas coletas, apresentando comportamento seletista.

Os tipos polínicos mais encontrados para produção do mel das abelhas do meliponário de Belterra, foram: as espécies das famílias Melastomataceae, Caesapinoideae, Anacardiaceae, Myrtaceae, Euphorbiaceae e Rubiaceae. A família Fabaceae foi a que mais contribuiu na quantidade de grãos de pólen encontrados no espectro polínico para as abelhas estudadas, apresentando a maior diversidade de tipos polínicos com 15 espécies. Provavelmente este achado, seja porque muitas espécies de Fabaceae florescem o ano todo, além de oferecer pólen e néctar.

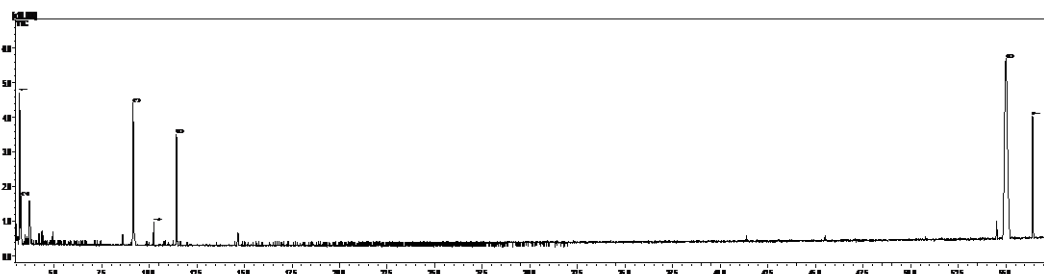
O conhecimento dos dados físico-químicos de méis de abelhas sem ferrão soma com demais pesquisas realizadas na Amazônia. Mas, devido a variedade de espécies de abelhas sem ferrão, a diversidade da flora de cada ecossistema,

particularidades edafoclimáticas e métodos de colheita, é necessário maior número de pesquisas sobre os diferentes meis produzidos e comercializados de abelhas sem ferrão, para assim, estabelecer os parâmetros de qualidade condizente com com suas especificidades e que permita sua identidade. Da mesma forma, o perfil de constituintes voláteis requer mais estudos, ainda pouco se tem dos aromas dos meis multifloral da Amazônia, sendo este opioneiro do Oeste do Pará, com variação entre as amostras.

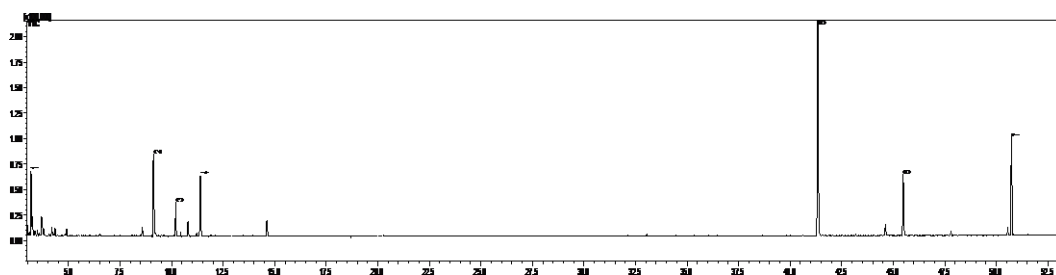
APÊNDICE

Cromatogramas de meias de seis espécies de abelhas sem ferrão de maio e outubro.

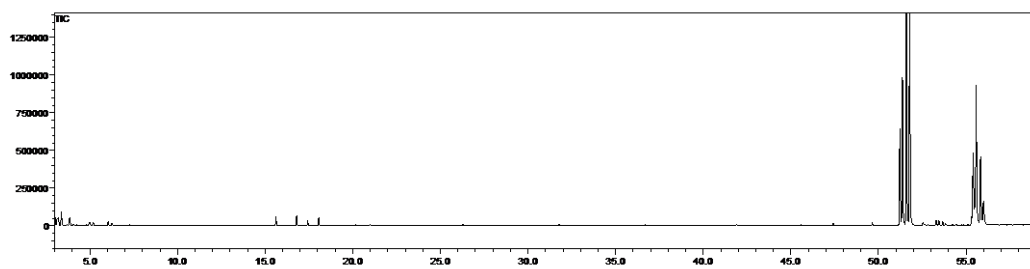
Amostra 1 – Cacho de Uva – Maio



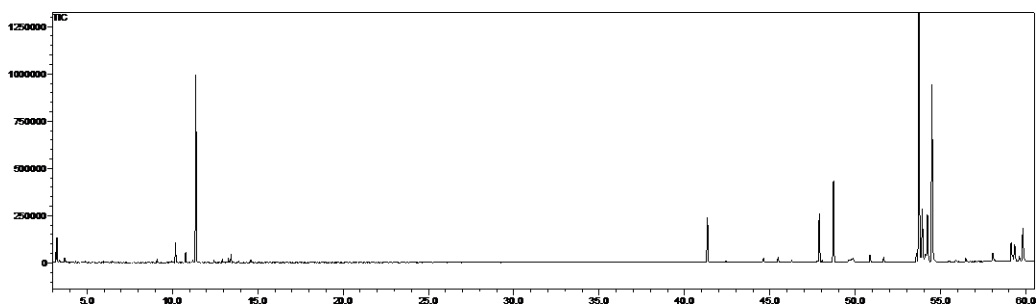
Amostra 1 – Cacho de Uva - Outubro



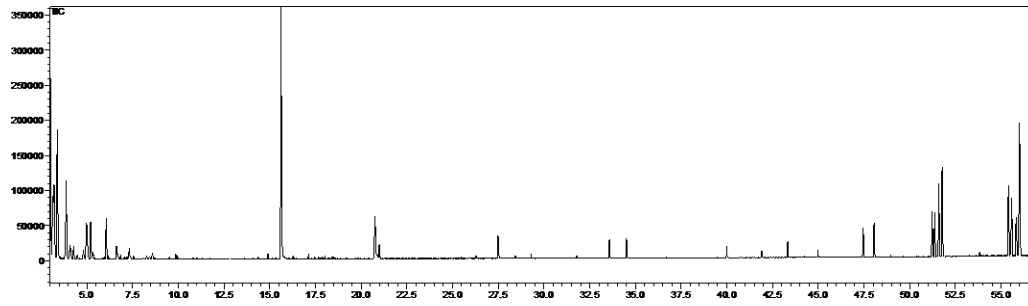
Amostra 2 – Canudo Amarelo – Maio



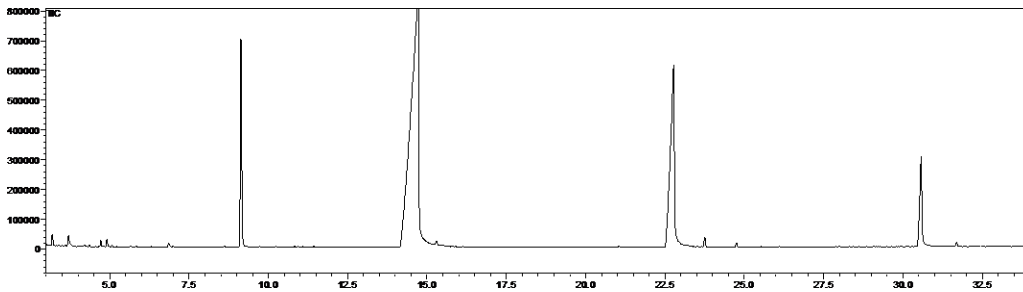
Amostra 2 – Canudo Amarelo - Outubro



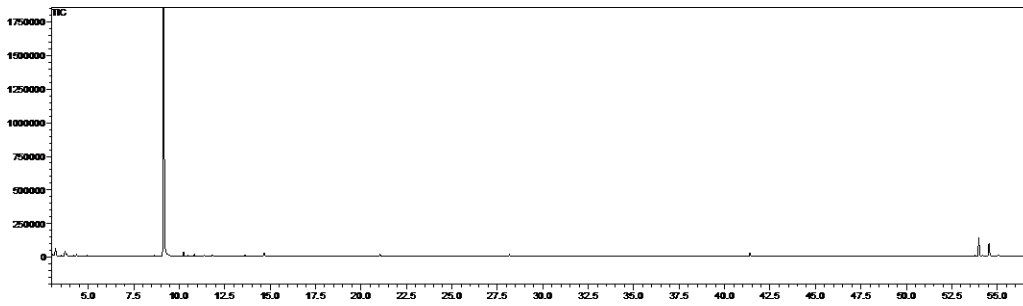
Amostra 3 - Bora - Maio



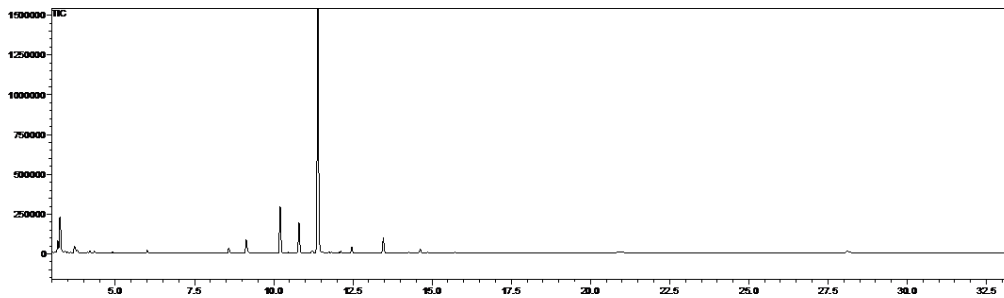
Amostra 3 - Bora - Outubro



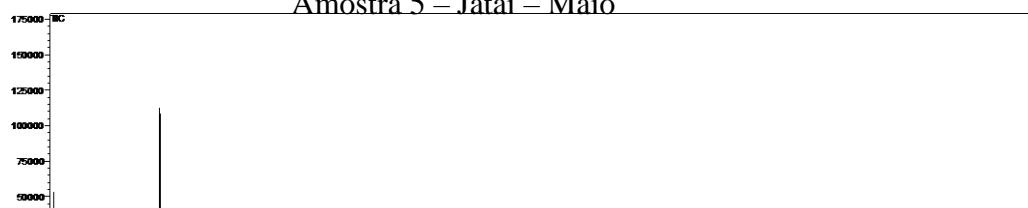
Amostra 4 - Boca de Renda - Maio



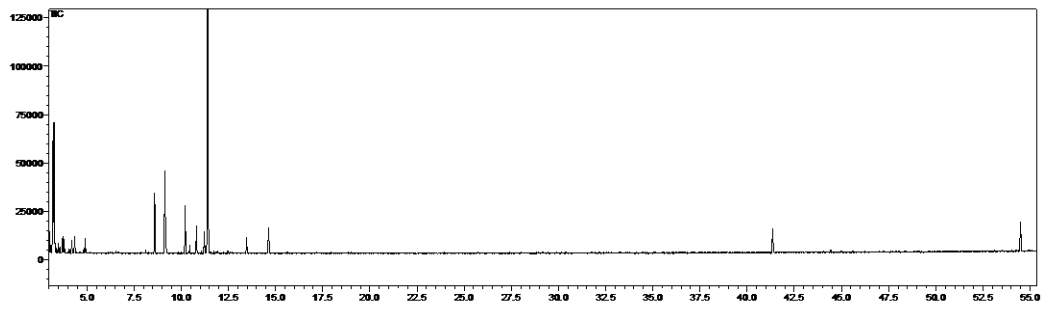
Amostra 4 - Boca de Renda - Outubro



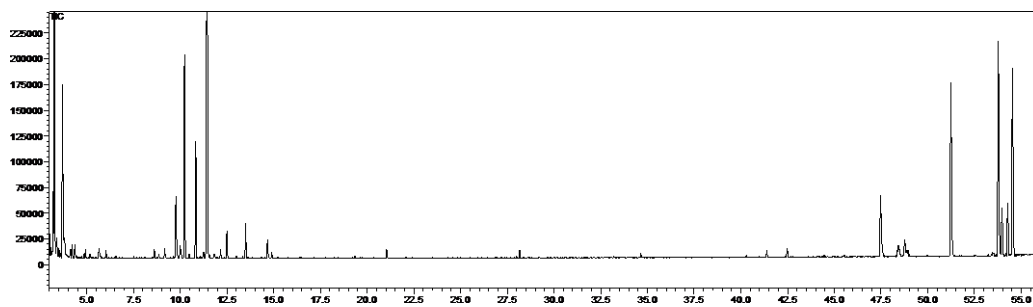
Amostra 5 - Jatai - Maio



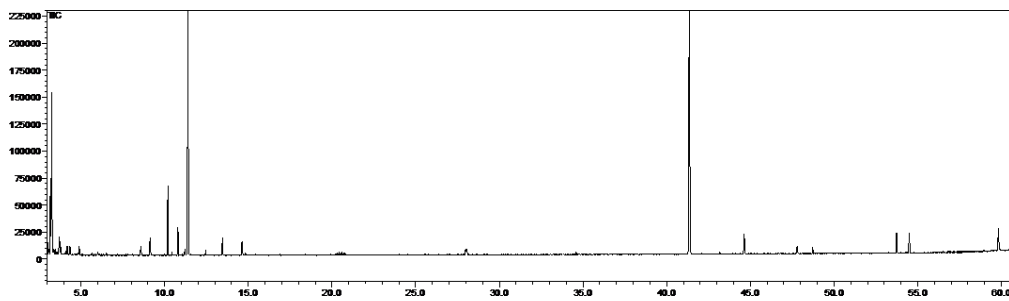
Amostra 5 – Jataí – Outubro



Amostra 6 – Pinto Caído – Maio



Amostra 6 – Pinto Caído – Outubro



Fonte: Autor (2022).