Consórcio de BioEducação

Universidade Lúrio, Universidade Zambeze, Instituto Superior Politécnico de Manica, Parque Nacional da Gorongosa e Universidade de Lisboa

Autenticidade do mel produzido por *Apis mellifera* L. no Parque Nacional da Gorongosa

Adija Fernando Wilssone

Mestrado em Biologia de Conservação

Parque Nacional da Gorongosa , 2020

Consórcio de Bio-Educação

Universidade Lúrio, Universidade Zambeze, Instituto Superior Politécnico de Manica, Parque Nacional da Gorongosa, Universidade de Lisboa

Programa de Mestrado em Biologia de Conservação

Autenticidade do mel produzido por *Apis mellifera* L. no Parque Nacional da Gorongosa

Adija Fernando Wilssone

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Biologia de Conservação como requisito para a obtenção do título de Mestre em Biologia da Conservação

Aprovada por

(supervisor)

(Co- supervisor)

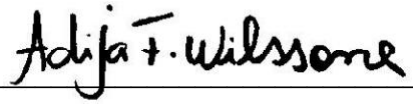
_____ (Coordenador do Consórcio)

Parque Nacional da Gorongosa, Fevereiro de 2020

Declaração de Honra

Declaro por minha honra que o presente trabalho intitulado "Autenticidade do mel produzido por *Apis mellifera* L. no Parque Nacional da Gorongosa*"* foi por mim elaborado, sob orientação dos professores Cristina Máguas e Paulo António Almeida Russo. Esta dissertação é resultado de uma investigação por mim realizada e que não foi submetido para outro grau ou finalidade que não o indicado "**Mestrado em Biologia de Conservação**" pelo consórcio BioEducação: Universidade Zambezi, Universidade Lúrio, Instituto Superior Politécnico de Manica e Parque Nacional da Gorongosa, Moçambique

A Autora



(Adija Fernando Wilssone)

Parque Nacional da Gorongosa, Fevereiro de 2020.

Dedicatória

A minha mãe que sempre me motivou a realizar os meus sonhos, infelizmente ela não pode presenciar, esta conquista minha entretanto espero que, onde ela estiver, se encha de orgulho da filha.

Eu dedico este trabalho à sua memória Mamã Isélia.

Te amo mãe

Agradecimentos

Há um provérbio Africano que diz “Se quer ir rápido, vá sozinho. Se quer ir longe, vá em grupo”

Este ditado espelha minha trajectória durante a formação, um período caracterizado por tristezas, solidão, inúmeros desafios, incertezas, mas também por muitas conquistas, porém esse processo que por si já era difícil de encarrar, foi suavizado com contributos de pessoas que foram indispensáveis para a minha chegada a esse ponto, a essas pessoas especiais eu quero dedicar este meu projecto de vida.

Em primeiro agradeço a deus, pela saúde e fé que me deu durante esse período.

Ao meu companheiro de todos momentos (Horácio), pela força, motivação e paciência que teve comigo durante o período de formação, por ter cuidado da nossa Kyura com muito carinho na minha ausência, obrigada Amor.

Quero expressar a minha gratidão infinita a toda minha família e amigos pelo suporte emocional dado, o meu agradecimento especial a papá Virgílio (em memória), a mana maninha e Berta

Aos meus orientadores Professora Cristina, Professor Paulo e ao Marcelino, o meu muito obrigado por terem sido pacientes comigo e por terem estado sempre presente quando precisei.

A todos docentes do programa de Mestrado, em especial as professoras: Marina Temudo, Laura Barazza e Tara Massad por muitas vezes terem exercido, mas que o papel de docente.

Quero agradecer aos meus colegas queridos, por terem facilitado a minha estadia no Chitengo e terem partilhado o pouco de si comigo, o meu eterno obrigado Amemarlita, António, Amina, Camilo, Clotilde, Gold, Márcio, Lorena, Raimundo, Semo e Victor.

O brigado a todos colaboradores do Departamento Científico do PNG, obrigada Berta, Tongay, Ana, Laura, Margarida e Norina pelo apoio.

Do programa de apicultura da Gorongosa, obrigada: Edson, Tchova, Emília, Senhor Graciel e Senhor Mateus.

A todos funcionários do Parque Nacional da Gorongosa.

Á minha família adoptiva da UTAD: á professora Ângela Maria, á Idalina e Carla muito obrigada por tudo.

Por ter-me acolhido em sua casa como irmã e ter cuidado muito bem de mim, obrigada Lissa Bulu.

A todos funcionários do Centro de Ecologia, Evolução e Alterações Ambientais, em especial ao João e Rodrigo.

Por fim, não menos importante endereço o meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

MWAITABASA; NDINOTENDA; KANIMAMBO

Índice

Índice

Declaração de Honra iii

Dedicatória iv

1.0. Introdução geral 1

1.1. Âmbito e enquadramento 1

1.2. Apicultura e sua importância 2

1.3. Abelha apis melífera L. 35

1.4. Apicultura e conservação da biodiversidade 2

1.5. Desafios à apicultura em África 5

1.6. Flora apícola 6

1.7. Apicultura em Mocambique 4

1.8. Melissopalinológia 8

1.9. O mel e o espectro polínico 8

1.10. Isótopos estáveis 10

Capitulo I. Origem botânica geográfica do mel 12

2.0. Introdução 12

3.0. Metodologia 15

3.1. Descrição da área de estudo 15

3.1.1. Caracterização do Distrito de Cheringoma 15

3.1.2. Caracterização do Distrito de Gorongosa 16

3.2. Procedimentos metodológicos 16

3.2.1. Obtenção das amostras 16

3.2.2. Criação da palinoteca de referência 17

3.2.3. Preparação das amostras de mel 18

3.2.4. Análise quantitativa e qualitativa 19

4.0. Resultados 21

4.1. Diversidade florista amostrada 21

4.2. Diversidade polínica do mel 21

4.3. Discussão 23

Capitulo II. Caracterização isotópica do mel produzido no Parque Nacional da Gorongosa ... 37

2.0. Introdução 37
3.0. Metodologia 41
3.1. Descrição da área de estudo 41
3.1.1. Caracterização do Distrito de Cheringoma 41
3.1.2. Caracterização do Distrito de Gorongosa 42
3.2. Procedimentos metodológicos 42
3.2.1. Desenho experimental e amostragem 42
3.2.2. Caracterização isotópica 43
3.2.2.1. Protocolo para preparação das amostras de mel 43
3.2.2.2. Protocolo para preparação de amostras de mel 43
3.2.2.3. Análise isotópica de carbono e azoto 43
3.2.3. Análise estatística 44
4.0. Resultados 44
4.1. Discussão 45
Capítulo III. Conclusão geral 47
5.0. Referencias bibliográficas 78

Lista de figuras

FIGURA 1. 1: ILUSTRAÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE COLMEIAS NA RESERVA NACIONAL DO NIASSA. 58
FIGURA 1. 2: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA PROVÍNCIA DE SOFALA (MOÇAMBIQUE)..... 59
FIGURA 1. 3: ESQUEMA REPRESENTANDO A COLOCAÇÃO DO SENTIDO DOS TRANSETOS PERCORRIDOS NA RECOLHA DAS FLORES EM CADA COLMEIA..... 60
FIGURA 1. 4: AMOSTRA DE MEL EM UM TUDO DE FALCON DE 50 ML PRONTA PARA CONSERVAÇÃO. 61
FIGURA 1. 5: LÂMINA DE REFERÊNCIA CONTENDO INFORMAÇÃO SOBRE A FAMÍLIA, A ESPÉCIE E A TIPOLOGIA DE GRÃO DE PÓLEN DE UMA AMOSTRA DE FLOR 62
FIGURA 1. 6: LÂMINA MICROSCÓPICA COM CONTEÚDO POLÍNICO PARA CONTAGEM DOS GRÃOS DE PÓLEN NO MEL 63
FIGURA 1. 7: FOTOS MICROSCÓPICAS DE GRÃOS DE PÓLEN DE ESPÉCIES QUE COMPÕEM AS LÂMINAS DE REFERÊNCIA. (A) SECURIDACA LONGEPENDINCULATA. (B) PHILENOPTERA VIOLÁCEA (C) ACACIA NILÓTICA..... 64
FIGURA 1. 8: REPRESENTAÇÃO DA DIVERSIDADE POLÍNICA DO MEL DA ZONA TAMPÃO DO PNG.. . 65
FIGURA 1. 9: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS. 66
FIGURA 1. 10: ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS QUE DISCRIMINA O MEL POR TIPOS POLÍNICOS MAIS INFORMATIVOS..... 67

FIGURA 2. 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO NA PROVÍNCIA DE SOFALA (MOÇAMBIQUE)..... 68
FIGURA 2. 2: AMOSTRA DE MEL EM TUDO DE FALCON DE 50 ML PARA CONSERVAÇÃO. 69
FIGURA 2. 3: PROCESSO DE PESAGEM DE MEL EM CAPSULAS DE ESTANHO. 70
FIGURA 2. 4: PCA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E ISOTÓPICAS..... 71
FIGURA 2. 5: DENDROGRAMA COM O AGRUPAMENTO DOS MÉIS..... 72

Lista de tabelas

TABELA 1. 1:EFEITOS DA POLINIZAÇÃO FEITA POR ABELHAS EM FRUTÍCOLAS 49
TABELA 1. 2:LISTA DE ESPÉCIES ASSOCIADAS A CADA UM DOS LOCAIS AMOSTRADOS. 52

TABELA 1. 3:. FREQUÊNCIA POLÍNICA DE PLANTAS NECTARÍFERAS EM AMOSTRA DE MÉIS DA ZONA TAMPÃO DO PNG. 55

TABELA 2. 1:COMPARAÇÃO DA COMPOSIÇÃO ISOTÓPICOS NAS ZONAS AMOSTRADAS. 57

Lista de anexos

ANEXO 3. 1: COLHEITA DE AMOSTRAS DE MEL 73
ANEXO 3. 2: APIÁRIO DE VUNDUDZE 74
ANEXO 3. 3: PROCESSO DE MONTAGEM DE LÂMINAS MICROSCÓPICAS 75
ANEXO 3. 4: LEITURA DE LÂMINAS MICROSCÓPICAS 76
ANEXO 3. 5: IMAGENS MICROFOTOGRAFIAS DE GRÃOS DE PÓLEN DAS AMOSTRAS DE MEL. 77

Lista de acrónimos

ACP- Análise de omponentes Principais

C – Carbono

CAM - Crassulacean Acid Metabolism

CEC – Centro de Educação Comunitária

CH - Chite

CO2 – Dióxido de Carbono

DOP - Denominação de Origem Protegida

EMTF – External Market Task Force

FAO - Fundo Mundial para Alimentação

IGP - Indicação Geográfica Protegida

INE – Instituto Nacional de Estatística

JICAF - Japan Association for International Collaboration of Agriculture and Forestry

K – Kodzue

M – Mazamba

MAE – Ministèrio da Administração Estatal

mg - miligramas

MICOA – Ministério para Acção e Coordenação Ambiental

mL – mililitros

mm - milímetro

N – Azoto

N – Nhamakaringa

s.d – sem data

PNG - Parque Nacional da Gorongosa

r.p.m – Rotações por minuto

TSG - Especialidades Tradicionais Garantidas

TTA - Total Transformation Agribusiness-

V – Vundudze

UE – União Europeia

Resumo

A produção do mel em zonas rurais é tida como uma fonte alternativa de renda muito importante, especialmente em comunidades próximas a áreas de conservação, onde há uma abundância e diversidade de plantas para a produção de mel de qualidade. Entretanto, o benefício que advém dessa actividade pode ser prejudicado em situações onde se verifica a adulteração do mel, pois, este perde o seu valor no mercado, o que resulta consequentemente na perda da renda das comunidades locais e maior pressão sobre os recursos naturas. Para evitar estes problemas, e valorizar o mel produzido ao redor do Parque Nacional da Gorongosa, foi realizada esta pesquisa, com o objectivo de avaliar as características botânicas, com vista a determinar as espécies de plantas mais visitadas por abelhas na produção do mel mediante análise polínica e aferir o potencial para a produção de méis mono florais; também constituiu objectivo deste trabalho, analisar a composição isotópica dos méis a fim de aferir a possibilidade da distinção dos mesmos. A pesquisa foi um estudo preliminar para uma possível distinção e autenticidade do mel da Gorongosa. As amostras de flores e méis usadas para as análises, foram colhidas nas comunidades onde se desenvolve o programa de apicultura do Parque, ou seja, nos distritos de Cheringoma e Gorongosa. As amostras de flores foram usadas para preparar lâminas de referência, que serviriam mais tarde para comparar com os grãos de pólen encontrados no mel. As amostras foram preparadas seguindo o método de acetolise para as análises qualitativas do mel. A análise da composição isotópica do carbono ($\delta^{13}C$) e azoto ($\delta\ ^{15}N$) foi feita pelo espectrómetro de massa de razão isotópica (IRMS). A análise polínica indicou uma grande diversidade polínica no mel, com predominância das espécies que compõem a família Fabaceae. Também foi observado um grande potencial para produção de méis mono florais, tendo sido registados 12 méis mono florais no universo de 24 amostras. A análise da composição isotópica dos méis da Gorongosa, mostrou valores enriquecidos em ^{15}N nos méis do CEC devido á elevada presença de plantas fixadoras do azoto e solos férteis; a mesma também apontou para o enriquecimento do carbono 13 dos méis de Cheringoma. No geral todos méis tiveram valores $\delta^{13}C$ superior a -23,5 ‰, indicando a pureza dos mesmos, quando feita a comparação entre o mel e a proteína do mel. A composição isotópica mostrou a possibilidade de diferenciar os méis do CEC. Tratando-se de um estudo preliminar, os resultados desta pesquisa foram encorajadores, ao revelaram a possibilidade da autenticação e denominação de origem do mel da Gorongosa com base nos critérios da origem botânica,

geográfica e composição isotópica. Entretanto para isso foi recomendada a realização de mais estudos que incluísse uma maior amostragem.

Palavras-chave: Conservação. Comunidades locais. Apicultura. Origem botânica e geográfica. Isótopos estáveis.

Abstract

The honey production in rural areas is seen as a very important alternative source of income, especially in communities near conservation areas where there is an abundance and diversity of plants for the production of quality honey. However, the benefits that can accrue from this activity may be harmed in situations where the honey is adulterated, since it loses its market value. This loss brings about the loss of the local communities' income and greater pressure on natural resources. To avoid these problems, and to value the honey produced around Gorongosa National Park, research was carried out to evaluate the GNP' botanical characteristics in order to determine, by pollen analysis, the most visited species in honey production, and to gauge the potential for the production of mono floral honeys. The other objective of this study was to analyse the isotopic composition of honeys in order to gauge the possibility of distinguishing honeys. This research was a preliminary study to differentiate and define the authenticity of the Gorongosa´ honey. The samples of flowers and honey used for the analyses done were collected in communities where the Park's apiculture program is being developed, in Cheringoma and Gorongosa districts. Flower samples were used to prepare reference slides, which would later be used to compare with pollen grains found on honey. The samples used for the honey quality analysis were prepared following the acetylose method while the analysis of the isotopic composition of stable isotopes of 13C and 15N were performed using the isotope ratio mass spectrometry (IRMS). The honey analysis indicated a great of diversity of pollen in the honey collected, with predominance of pollen from the Fabaceae species. The observations done suggest a great potential for the production of mono floral honeys, and 12 mono floral honeys were recorded in the universe of 24 honey samples. Analysis of the isotopic composition of Gorongosa honeys showed enriched values of nitrogen 15 on the CEC honeys due to the high presence of nitrogen-fixing plants and fertile soils. It also pointed to an enriched value of carbon 13 on honeys from Cheringoma. In general, all honeys had $\delta^{13}C$ values higher than - 23.5 ‰, indicating their purity. The isotopic composition showed the possibility of differentiating the Serra da Gorongosa and CEC honeys. As a preliminary study, the results of this research are encouraging as they revealed the possibility of Gorongosa's honey authentication and designation based on the botanical and geographical origin, and isotopic composition. However, this study recommends more studies that would include large sampling.

Keywords: Conservation. Local communities. Beekeeping. Botanical and geographical origin. Stable isotopes

1.0.Introdução geral

1.1. Âmbito e enquadramento

Na maioria dos países africanos, a agricultura continua sendo a espinha dorsal da economia, embora muitas outras actividades de subsistência estão sendo adoptadas. A adopção de outras actividades de subsistência é motivada pêlos fracos resultados obtidos na agricultura. O fracasso na agricultura é causado pela inconsistência das chuvas e empobrecimento dos solos. Dentre muitas actividades alternativas a agricultura a apicultura mostra-se uma actividade positiva, porque muito diferente das empresas agrícolas locais, a apicultura não requer propriedade da terra ou aluguer, pode ser iniciada com equipamento e ferramentas que podem ser adquiridas localmente e, em muitos casos, sem conhecimentos e habilidades necessárias; (Trupel,2004; Hilmi et al., 2011). Por outro lado, apicultura não só contribui para a melhoria de renda das comunidades rurais, mas também protege as árvores, melhorando assim a conservação da natureza e mantendo o equilíbrio do ecossistema (Chanthayod et al., 2017).

Como uma actividade que obedece os três pilares da sustentabilidade, apicultura tem sido indicada como a solução para os problemas enfrentados na gestão das áreas de conservação em África, devido às condições socioeconómicas nos países africanos, que fazem com que a conservação das áreas protegidas esteja intimamente ligada a questões comunitárias e gestão de recursos naturais. Como forma de estreitar a ligação entre as comunidades locais e a conservação dos recursos naturais, vêm sendo desenvolvidos programas que se concentraram no desenvolvimento de produtos florestais não madeireiros (PFNM) como um meio de benefício as famílias marginalizadas junto as florestas. Esses programas assentam na teoria de que, se as florestas têm valor para as comunidades locais, elas estarão mais envolvidas na sua protecção (Peters et al. 1989).

Dai que a prática da apicultura nas comunidades locais ao redor das áreas de conservação é uma actividade de benefícios mútuos, tanto para a conservação como para as comunidades. Para potencializar esses benefícios, é necessário que se tenha um conhecimento sólido sobre toda cadeia de valor do mel. Informações que podem permitir a maximização da produção e valorização do

produto. Essa informação pode ser obtida com base em estudos de caracterização botânica, e geográfica, assim como dos componentes isotópicos do mel.

Desta forma tem lugar a pesquiza sobre autenticidade do mel produzido por *Apis mellifera* L. no Parque Nacional da Gorongosa, que tem como objectivos: avaliar as características botânicas e geográficas, com vista a determinar as espécies de plantas mais visitadas por abelhas na produção do mel mediante análise polínica e aferir o potencial para a produção de méis mono florais; a pesquiza também tem como objectivo analisar a composição isotópica e ver a possibilidade de distinção dos méis. A pesquiza constitui um estudo preliminar para uma possível autenticidade e denominação de origem do mel da Gorongosa. A dissertação está subdividida em dois capítulos em forma de artigos científicos. O primeiro capítulo, assim como o segundo são compostos por introdução, metodologia, resultados e discussão, e por fim são apresentadas as conclusões gerais tiradas sobre os resultados.

1.2. Apicultura sua importância e conservação da biodiversidade

Todos os povos primitivos da Ásia, África e Europa conheciam as abelhas e utilizavam os seus produtos e derivados. Os egípcios foram considerados os primeiros apicultores, uma vez que a 2400 anos a.c. já criavam abelhas em colmeias de barro. A apicultura com o tempo difundiu-se entre gregos e romanos que a aperfeiçoaram a actividade. As abelhas sempre tiveram um papel preponderante para aqueles povos (D'Silva, 2015).

Nos nossos dias as abelhas continuam cada vez mais ligadas a vida dos seres humanos. Ainda que seja uma actividade com grande destaque nos últimos anos, muitos são os que ligam a apicultura somente a produção do mel, porem os produtos da apicultura vão além do mel e incluem cera de abelha, polén, geleia real, própolis e serviços de polinização (URT, 1998). Para além da disponibilização dos subprodutos da colmeia, a polinização das plantas com destaque para as culturas agrícolas e hortícolas tem sido indicada como uma das grandes importâncias da apicultura. Se numa área houver colónias suficientes de abelhas na época da floração, as plantas terão um rendimento maior e haverá um aumento da qualidade dos seus frutos. Por exemplo um estudo feito sobre o efeito da polinização feita pelas abelhas resultou no aumento no rendimento de quatro espécies frutícolas (Tabela 1.1, Coleman, 1997).

Segundo o Fundo Mundial para Alimentação (FAO) polinizadores influenciam fortemente as relações ecológicas, a conservação dos ecossistemas, sua estabilidade, variação genética na comunidade de plantas, diversidade floral, especialização e evolução. Para a FAO as abelhas são polinizadores que desempenham um papel importante, mas pouco reconhecido nos ecossistemas terrestre (florestas tropicais, savanas, mangais, e em florestas temperadas decíduas). Desta forma muitas espécies de plantas e animais não iriam sobreviver se as abelhas desaparecessem. Isto é porque a produção das sementes, frutos são fortemente ligadas á polinização, e entre os insectos polinizadores, as abelhas são os maiores polinizadores (FAO sd). Mediante estes factos pode se dizer que a apicultura por si só constitui alternativa ecologicamente correcta e auto-sustentável de utilização dos recursos naturais intactos ou recuperar áreas degradadas (Freitas, 1999).

Sob este pensamento, existem exemplos de sucesso da utilização da apicultura como estratégia para a recuperação e protecção das florestas. Na Zâmbia por exemplo os apicultores passaram a defender a prática de queimas antecipadas como forma de evitar os impactos dos incêndios tardios feitos entre Agosto e Outubro, período em que árvores e flores das principais espécies de néctar são particularmente vulneráveis às queimaduras (Clauss, 1992). Na Tanzânia os apicultores passaram a manter plantas de interesse apícola específicas e proteger a floresta ao redor de suas colmeias para além de desencorajar activamente o corte da madeira (Lalika, 2008). Endalamaw (2005) refere que 97% dos apicultores do Sudoeste da Etiópia estão envolvidos em pelo menos uma forma de actividade de aprimoramento florestal, incluindo plantio de árvores, preservação de grandes árvores e protecção das jovens; 34% ajudaram a conservar a floresta fazendo *lobby* ou firmando acordos locais para reduzir incêndios.

Entretanto como estratégia de melhoramento da qualidade de vida das comunidades locais a apicultura não só é usada em zonas de florestas. A apicultura também pode ser uma das soluções em áreas marginais com terra infértil para a produção agrícola, como é o caso das comunidades Masai do Quénia, onde a apicultura foi a quinta maior estratégia de diversificação de meios de subsistência para apoiar seus sistemas de criação pastoral (Kipainoi 2013). Além disso, a apicultura é uma actividade que requer recursos naturais, favorecendo assim a preservação da flora nativa, garantindo a preservação de espécies animais dependentes desta flora (Paxton, 1995).

1.3. Apicultura em Mocambique

Moçambique tem uma longa tradição de produção de mel, aproximadamente 70% dos produtores de mel em Moçambique estão no sector familiar, e outros 30% estão em pequenas associações privadas. O sector familiar usa métodos e técnicas rudimentares, como é o caso do uso do fogo para afugentar as abelhas na extracção do mel. Esta técnica constituir um grande perigo para a vida dos apicultores, contribui na fraca produção e baixa qualidade do mel, para além de contribuírem grandemente para a degradação florestal. Embora o país tenha um elevado potencial apicola, a fraca produção local, associada a baixa qualidade do mel fazem com que o produto não tenha acesso aos mercados formais o que iria contribuir grandemente para a melhoria da renda dos apicultores (MAE, 2011).

As regiões centro e sul do país são as área de maior potencial para produção de mel e cera da abelha, devido a presença de clima propício para a apicultura, e uma vegetação composta por savanas e florestas capazes de suportar grandes populações de abelhas. Essa vegetação dá uma fornecimento adequado de forragem de abelha juntamente com algumas culturas agrícolas e espécies exóticas de árvores. Na zona centro as províncias de Manica e Sofala e Inhambane e Maputo na parte sul do País são as que apresentam maior potencial apicola (TTA, Sd.)

Não existem estatísticas oficiais actualizadas sobre a produção de mel em Moçambique; a ultima feita no ano de 2005 dava indicação de produção de cerca de 390 tonelads de mel por ano e 65 toneladas de cera de abelha (Wilson, 2006). As estatisticas ainda apontam que a apicultura familiar tem o menor rendimento, como uma produção em torno de 5 - 10 Kg de mel por colmeia por ano, o que é muito menor se comparado com o que se pode produzir usando as colmeis modernas, 1 colmeia moderna produz cerca de 20 Kg de mel por ano (EMTF, 2004).

Constituem desafios para o sector da apicultura no país: má infraestrutura; baixa participação de mulheres e jovens; baixo empreendedorismo; limitada inteligência de mercado; pouco envolvimento de actores privados, ausência de serviços financeiros; capacidades técnicas; falta de coordenação a todos níveis; nenhuma aplicação de padrões na garantia da qualidade (Ruijten, 2009).

1.4. Desafios à apicultura em África

A apicultura é uma actividade ideal em qualquer programa de conservação florestal (Mwakatobe, 2001; Okoso-Amaa et al, (2004), e vem sendo praticada em muitos programas de conservação incluindo as comunidades locais, entretanto o potencial da apicultura é, pouco explorado em programas de desenvolvimento florestal, porque os benefícios das abelhas e da apicultura não são bem conhecidos pelas partes interessadas (Lietaer, 2009). Daí que o primeiro desafio, passa pela sensibilização e divulgação dos benefícios da apicultura para as comunidades locais e para a conservação.

Para além da falta de informação, aliam-se aos desafios da apicultura em áfrica a redução da flora apícola. Para isso os apicultores em África precisam encontrar medidas alternativas para conservar as plantas apícolas importantes nos seus apiários e nos habitats naturais circundantes. Os apicultores devem ainda ser incentivados a plantar espécies de árvores polivalentes que não são apenas fontes de néctar e pólen, mas também boas árvores em termos de madeira e de valor medicinal. Quando se fala da flora apícola em africa ainda da se muita ênfase às espécies lenhosas, ignorando-se o papel das ervas e arbustos. A maioria dessas ervas é polivalente e floresce ao longo do ano (JICAF, 2009).

Não obstante a redução da flora apícola, o conhecimento sobre as necessidades das abelhas em diferentes localidades e estações do ano ainda é muito escasso. Isso implica a necessidade de documentação de espécies vegetais importantes através do levantamento biótico e análise palinológica do mel. Outros recursos importantes da apicultura que ainda estão faltando em muitos países africanos incluem o seguinte: Equipamentos (fumigadores, extractores, recipientes de armazenamento de aço inoxidável); oficiais de extensão treinados em apicultura; Livros e manuais de treinamento para iniciantes e treinadores de instrutores; Guia de Campo sobre plantas apícolas; Calendários florais de diferentes eco-regiões; Serviços de inspecção apícola; Lista de verificação de criadores de rainhas autorizados (JICAF, 2009).

1.5. **Taxonomia das Abelhas**

A abelha europeia ou abelha melífera ocidental (Apis mellifera) é provavelmente uma das espécies mais populares de abelhas e foi classificada por Carl Nilsson Linneaus em 1758. Existem até 20 espécies reconhecidas e ela é nativa da Europa, África e Ásia, embora tenha- se espalhado por todos os continentes, com excepção da Antártica. Uma revisão feita sobre a taxonomia da abelha *Apis melífera* L. mostrou a existência de 22 subespécies de abelhas em todo o mundo dos quais 10 correm em África (Engel, 1999). Ruttner (1988, 1992) também relatou o mesmo número de subespécies de abelhas na África com base em estudos morfométricos. As subespécies incluem *Apis mellifera adansonii, A. m. scutellata, A. m. littorea, A. m. monticola, A. m. unicolor, A. m. lamarkii, A. m. yementica, A. m. capensis e A. m. intermissa.*

1.6. Flora apícola

Chama-se flora apícola ao conjunto de espécies vegetais que fornecem recursos como pólen e néctar, dos quais as abelhas dependem para sobreviver. A flora apícola deve ser abundante na região, florescer preferencialmente por um período prolongado e possuir néctar e/ou pólen acessíveis às abelhas (Almeida et al., 2003). A flora apícola quanto à oferta de recursos, podem ser classificadas em três grupos: plantas nectaríferas, plantas poliníferas e plantas poliníferas-nectaríferas (Villanueva, 2002; Barth, 2005). Ao falarmos da flora melífera, é importante ter em conta as preferências nutricionais das abelhas, sabendo que assim como todos animais as abelhas precisam de nutrientes, como proteínas, carboidratos, sais minerais, lipídios, vitaminas e água para seu desenvolvimento; estes nutrientes provêm da colecta do néctar e do pólen das flores das plantas (Brodschneider, 2001).

As abelhas fazem a colecta e transporte de néctar e pólen de diferentes maneiras, e existem preferências por tipos de flores, considerando as características florais como: cor, forma, perfume e a localização do recurso floral (Loken, 1981). Factores como comportamento das abelhas, necessidades da colónia (tamanho da colónia), sistema de comunicação, abundância relativa das espécies vegetais numa área, a biologia floral (estrutura, forma, cor e odor das flores), fenologia da planta e o comprimento da língua da abelha, constituem características para a escolha e, em alguns casos, a preferência alimentar das abelhas (Imperatriz et al. 1989; Youmbi, 2011).

Contudo o raio de voo das abelhas também é um aspecto a ter em conta quando falamos da colecta de alimento, embora as abelhas sejam capazes de voar a distâncias superiores, muitas das vezes elas limitam-se a visitar flores situadas num raio de 1 a 2 km ao redor da colmeia (Free, 1970).

Porém nem todas as plantas contribuem com iguais recursos para a produção do mel. Em estudos feitos na Argentina notou-se a preferência das abelhas por espécies nativas com destaque para as famílias Asteraceae e Fabaceae (Andrada, 2003). Em estudos feitos sobre interacção planta/polinizador foram observadas abelhas a visitarem múltiplas espécies de plantas dentre nativas e agrícolas (Gikungu, 2006; Waser et al., 1996).

Uma planta pode não ser a principal fonte de alimento em uma dada época, mas poderá tornar-se importante na manutenção das espécies quando os alimentos preferidos não estiverem presentes (Mendonsa et al., 2008). Isto pode ser explicado recorrendo- se ao facto de que em certas épocas do ano, há presença de flores que podem ser nectaríferas ou poliníferas, enquanto em outros períodos ambos os recursos podem ser disponibilizados (Luz et al., 2007).

O conhecimento das plantas de uma região, bem como sua época de floração e as características do pólen, auxiliam na determinação das espécies vegetais que contribuem para composição do mel Marchini et al., (2001), e é importante para desenvolver estratégias de maneio da colmeia que poderão maximizar a exploração do fluxo de néctar e pólen (Salomé, 2003).

O conhecimento da flora apícola é importante não só para conhecer as espécies vegetais preferidas por abelhas, mas também para indicar aos apicultores as fontes adequadas de recursos nutricionais para abelhas, contribuindo assim para uma apicultura sustentável (Sodré et al., 2008). Desta forma como uma espécie de planta pode apresentar características diferenciadas no fornecimento de recursos florais para as abelhas em função das condições edafo-climáticas, o inventário da flora apícola deve ser feito regionalmente, uma vez que as espécies consideradas excelentes produtoras de néctar em uma região podem não o ser em outra (Ferreira, 1981).

A espécie *Apis mellifera* colecta seus recursos poliníferos em plantas de diferentes estratos arbóreos, como árvores, arbustos e herbáceas, comprovando que por serem generalistas elas concentram as colectas de recursos conforme a disponibilidade das plantas nas estações do ano (Imperatriz et. al, 1984). Em Moçambique o estrato arbóreo é o principal recurso polínico das

abelhas, destacando: *Julbernardia globiflora, Acacia sp, Brachystegia boehmii, Milletia sp., Pterocarpus angolensis, Terminalia sericea, Adansonia digitata, Borkea africana, Albizia adianthifolia, Combretum adenogonium, Harungana madagascariensis, Newtonia buchananii* e *Ziziphus mucronata* (Alcobia, 1995; Campbell, 1996; Ribeiro et. Al, 2019).

1.7. Melissopalinológia

Um dos métodos mais eficazes para conhecer a origem dos méis, tipifica-los e caracteriza-los do ponto de vista botânico e geográfico é a Melissopalinológia (Perez, 2003). Melissopalinologia é o ramo da palinologia que estuda o pólen apícola ou meliponícola em amostras de mel (Correia et al., 2017).

A palavra palinologia foi usada pela primeira vez em 1945 por Hyde & Williams a referir-se ao estudo da morfologia dos grãos de pólen e dos esporos. Mais tarde Erdtman (1952) definiu o termo como a ciência que trata das paredes dos grãos de pólen e esporos e não de seu interior vivo (Salgado Labouriau, 1973).

1.8. O mel e o espectro polínico

A identificação polínica determina as espécies botânicas que compõem o pólen apícola estabelecendo também a proporção de cada espécie vegetal (Barth, 2005). No mel encontra se o pólen assim como partículas microscópicas como esporos de algas e fungos, provenientes das plantas visitada por abelhas. Por essa razão tornasse crucial a realização de análises, como forma de verificar se se trata de mel ou melada (Ohe *et al*., 2004).

A análise qualitativa dos tipos polínicos permite estabelecer a proporção que cada planta polinífera contribui para a constituição do pólen apícola. Deste modo existe mel mono floral e multifloral. O mel é considerado mono floral quando o pólen da mesma origem está presente em mais de 45% (predominante) e multifloral, quando nenhuma espécie é predominante. Na realidade, não existe de uma forma absoluta mel mono floral, visto que as abelhas não visitam uma única espécie vegetal, mesmo se esta for a dominante (Fluentes, 2012).

Entretanto ao se determinar o espectro polínico do mel de uma dada região deve-se ter em conta se a planta é sub-representada ou super-representada. Barth (1989) Plantas sub-representadas nos

espectros polínicos, refere-se a plantas fornecedoras de muito néctar e pouco pólen o que faz com que tenhamos pouquíssimo pólen e sedimento nos seus méis puros; ou seja poucos grãos já indicam uma grande quantidade de néctar. Como é o caso por exemplo da *Hyptis* sp., *Citrus* sp. e algumas mimosáceas como *Acacia* sp. Por sua vez plantas super representadas nos espectros polínicos são as fornecedoras de pouco néctar, mas muito pólen. Na análise destes méis a ocorrência do pólen em grande quantidade indica pouco néctar; considera-se mel mono floral de plantas poliníferas, quando nos espectros polínicos seu pólen representa mais de 98% do total de pólen da amostra. Como exemplo espécies de eucalipto (*Eucalyptus* sp.), espécies do gênero *Mimosa* (espinheiros, sensitiva, bracatinga, *Borreria verticillata*).

Desta forma, Warui, et al., (2019), analisou o espectro polínico de 200 amostras de mel do Quénia e registou 41 tipos polínicos, com dominância de espécies nativa como *Acacia spp. e Brachystegia spp.*, também notou a presença de espécies exóticas/ cultivares como exemplo: *Trifolium spp.*, *Bidens spp.*, *Eucalyptus spp.*, *Prosopis spp.*, Euphorbiaceae, Combretaceae, Brassicaceae, *Zea mays* e *Coffea spp.*, como recursos polínicos/nectaríferos das abelhas. A predominância de tipo polínico Acácia em 4 amostras foi atribuído a preferência das abelhas por flores das acácias e pelo facto da acácia ter muita inflorescência por flor, o que providencia bastante pólen/néctar aos visitantes (Stone et al., 2003).

Ainda no mesmo estudo, fora observados tipos polínicos de plantas cultivadas como o café e o milho, em amostras de mel, indicando desta forma que agro-sistemas provêm alimento as abelhas e que as plantas desses ecossistemas podem ser úteis no suporte da sobrevivência das abelhas e produção do mel especialmente quando as plantas nativas não estão em floração (Warui, et al., 2019).

Em outro estudo sobre espectro polínico de mel foram observados mesmos tipos polínicos em diferentes zonas geográficas amostradas, indicando similaridades dos tipos de vegetação nas áreas amostradas baseando-se na zonacão agro-ecológica o que pode estar ligado a distribuição e diversidade de plantas em áreas especificas dependendo da ecologia/ecoclima da zona (Beentje 1994; Maundu, 2005).

Onyango, (2019) em oito méis mono florais da floresta de Mau no Quénia observou os géneros *Acácia*, *Eucalyptus*, *Croton*, *Albizia* e V*ernonia* como os tipos polínicos mais dominantes com

taxas de frequência entre os 47.1% - 66.4%. os pólenes frequentes e muito frequentes eram na sua maior parte de taxas das arbóreas e árbutos e os pólens esporádicos bem como os pólenes raros pertenciam às taxas de herbáceas e gramíneas. A família Poaceae também foi registada em amostras de méis, representada por milho (*Zea mays*), que apresenta pólen anemófilo. A cultura do milho é uma importante actividade complementar para os apicultores e agricultores locais, o que justifica a presença do seu pólen em amostras de méis produzidos em regiões com a cultura do cultivo deste cereal (Marques et al., 2011).

1.9. Aplicação dos isótopos estáveis na determinação da autenticidade de amostras de mel

Segundo Rossi et al. 1999, o mel é o terceiro alimento mais adulterado do mundo, essa adulteração entre outros aspectos faz com que o mel perca o seu valor no mercado. Desta forma para determinar a autenticidade do mel assim como de outros produtos alimentares usam-se análises isotópicas. Para o efeito, os isótopos estáveis são usados como integradores e rastreadores de processos ecológicos em níveis de abundância naturais e abundâncias experimentalmente enriquecidas (isto é, em níveis fora da faixa natural de valores devido à adição de substâncias rotuladas) (Robinson, 2001). Os isótopos fornecem informações ecológicas em uma variedade de espaços e escalas temporais, isto é, da célula aos ecossistemas, e ao longo de uma escala de tempo de segundos a milénios (Dawson et al., 2002).

A abundância isotópica natural é relatada em uma escala delta (δ) que indica o desvio (em ‰) da composição isotópica de uma amostra de um padrão internacionalmente aceito (Robinson, 2001). Desde a década de 1970, a análise de isótopos estáveis em materiais ecológicos surgiu como um método quantitativo que transformou a compreensão do sistema ecológico e histórias ambientais (Loader et al. 2003; Robinson, 2001). Os isótopos estáveis mais estudados são: carbono, hidrogénio, oxigénio, enxofre e o azoto, estando os isótopos de carbono mais relacionados à precipitação e clima, e os isótopos do azoto ligados á nutrição, ao tipo de solo, vias de biossíntese, habitat e fertilização (Kropf et al., 2010).

Geralmente, as composições isotópicas de materiais vegetais reflectem vários factores, como composições isotópicas de materiais de origem e seus processos de assimilação, bem como ambientes de crescimento. A composição isotópica de carbono de materiais vegetais depende

fortemente do processo de fixação do carbono, como o metabolismo em C-3, C-4 e CAM (Guler et al., 2014; Wang et al., 2015). Portanto, os valores de $\delta\ ^{13}C$ podem ser usados para detectar a manipulação de mel com açúcares com alto teor de frutose (HFCS), derivado principalmente de milho, uma planta C4 (Schellenberg et al., 2010)

As abelhas para a produção de mel colectam néctar e pólen principalmente das flores plantas C-3 e, em menor percentagem, das flores das plantas C-4. Desta forma como o xarope de açúcar usado para adulteração é produzido pelo metabolismo C-4 exibe uma razão $\delta^{13}C$ que difere dos açúcares derivados da via metabólica C-3. O $\delta^{13}C$ varia de -10 ‰ a -20 ‰ para plantas C-4 e -22 ‰ a -33 ‰ para plantas em C-3). O valor de $\delta^{13}C$ no mel puro é relativamente uniforme, com valores de $\delta^{13}C$> -23,5 ‰, considerando – se desta forma, mel adulterado com xarope de açúcar, todo mel com valor de $\delta^{13}C$ inferiores aos do mel puro. Entretanto, podem existir casos de ocorrência de resultados falso-positivos, se o mel for produzido naturalmente a partir de plantas C-4 (Schellenberg et al., 2010; Zábrodská, 2015; Zhou et al., 2018;

Como forma de evitar o falso-positivos nos resultados da análise de adulteração de mel com xarope de açúcar, foi desenvolvido a técnica de comparação das relações isotópicas de carbono da proteína extraída do mel e do respectivo mel. Esta comparação dos resultados dá valores mais precisos, visto que a proteína não é afectada pela adulteração, e deste modo o seu valor de $\delta\ ^{13}C$ não é afectado. Ao passo que, o valor $\delta\ ^{13}C$ do mel muda com a adição de açúcar, causando uma diferença entre os valores de $\delta\ ^{13}C$ no mel e na proteína (Zhou et al., 2018).

A comparação entre a proteína do mel e o próprio mel pode ser feita usando a Espectrometria de Massa com Razão Isotópica (IRMS), é uma técnica especializada usada para fornecer informações sobre as origens geográficas, químicas e biológicas das substâncias (Dinca et al., 2014).

Capitulo I. Origem Botânica e Geográfica do mel (Determinação de espécies plantas mais visitadas por abelhas na produção do mel mediante análise polínica

1.0. Introdução

Para conservar e gerir recursos necessários para a produção de mel, precisa-se identificar as plantas que as abelhas usam. A gestão sustentável destes recursos vegetais inclui, entre outras coisas, um melhor conhecimento dos recursos e sua exploração racional. As plantas melíferas estão entre esses importantes recursos. Plantas melíferas são o conjunto de espécies vegetais que fornecem recursos como pólen e néctar, dos quais as abelhas dependem para sobreviver e produzir mel (Almeida et al. 2003).

Segundo Hepburn e Radloff (1998) e, Dukk, (2013) as plantas visitadas por abelhas podem ser identificadas através de observação de abelhas forrageiras. Estas plantas também podem ser identificadas através da análise das cargas de pólen recolhidas por obreiras quando retornam á colmeia, análise de reservas de pólen nos ninhos das colmeias ou através de análises palinológica do mel. Os apicultores experientes também são uma importante fonte secundária de informação sobre a flora apícola local (Ramanujam, 1992; Köppler et al. 2007; Adekanmbi, 2009; Teklay, 2011; Ayansola, 2012;).

A identificação das plantas visitadas por abelhas para produzir o mel é conseguida mediante o estudo da morfologia dos grãos de pólen presentes no mel, a que se chama melisopalinologia (Ebenezer, 2010; Warui, 2019). Para Nguemo et al. (2016) o conhecimento do pólen encontrado no mel é também essencial para orientar os apicultores na escolha de locais adequados para montar apiários.

A apicultura em Moçambique é uma actividade com uma larga tradição e tem uma importância significativa para as populações das comunidades rurais (Mungói, 2008). O sector familiar contribui em 70% da produção global do país. A maior parte dos apicultores no país praticam a picultura tradicional, que é feita em moldes artesanais, usando colmeias tradicionais construídas através da retirada das cascas das árvores ou abatendo-as para usar porções do tronco, esta técnica contribui para a degradação das florestas pois mata lentamente as árvores (Figura 1. 1); Na apicultura tradicional a extracção do mel ainda é feita recorrendo o uso de fogo o que para além

de constituir um perigo a saúde dos apicultores, tem sido a causa de muitas queimadas descontroladas nas florestas (EMTF, 2004; MAE, 2011).

Devido as técnicas não sustentáveis praticadas na apicultura tradicional tem-se verificado no país uma elevada taxa de desflorestamento. Por exemplo na Reserva Nacional do Niassa 560 árvores são abatidas para a remoção do mel por colectores de mel e 28 a 217 árvores da espécie *Julbernardia globiflora* são mortas para remover a casca para produzir colmeias tradicionais (Ribeiro et al., 2019). Este senário replica-se junto a uma outra área de conservação, o Parque Nacional da Gorongosa, onde pelo menos 7000 árvores são mortas todos os anos para remover a casca para construir colmeias tradicionais (EMTF, 2004).

Com vista a implementar práticas sustentáveis de apicultura e reduzir o desflorestamento, o Parque Nacional da Gorongosa, criou o programa de apicultura que consiste na facilitação de acesso a colmeias modernas, prestação de assistência técnica, compra e processamento do mel produzido nas zonas que circundam o Parque. Esta iniciativa não apenas contribui para a melhoria da renda e da qualidade de vida dos apicultores, mas também contribui para uma melhor qualidade e acrescentar valor ao mel produzido, por outro lado esta iniciativa contribui para a conservação das florestas.

A apicultura tem sido usada como ferramenta para promoção da conservação das florestas por muitos países. Por exemplo, apicultores da Zâmbia passam a defender a prática de queima antecipadas como forma de evitar os impactos dos incêndios tardios feitos entre Agosto e Outubro, período em que árvores e flores das principais espécies de néctar são particularmente vulneráveis a queimaduras (Clauss, 1992). Na Tanzânia, os apicultores passaram a manter plantas de interesse apícola específicas e proteger a floresta ao redor de suas colmeias para além de desencorajar activamente o corte da madeira (Lalika, 2008). Outro exemplo de sucesso da apicultura na conservação das florestas foi verificado no sudoeste da Etiópia onde 97% dos apicultores estão envolvidos em pelo menos uma forma de actividade de aprimoramento florestal, incluindo plantio de árvores, preservação de árvores grandes e protecção das jovens (Endalamaw, 2005).

Entretanto o sucesso desta actividade na Gorongosa está longe de ser alcançada devido ao défice de informações cruciais para a cadeia de valor do mel da região. Estas informações incluem

principalmente informações relacionadas a flora melífera. A insuficiência de informação torna-se ainda mais preocupante, pois o mel é um alimento complexo do ponto de vista biológico, o que faz variar a sua composição em função da origem floral, geográfica e condições climáticas (Rosa, 2014).

Estudos sobre as plantas visitadas por abelhas têm vindo a ser realizadas em África desde 1956 (Sowonmi, 1976), entretanto só nos últimos anos é que os estudos de pólen no mel se tornaram mais populares em África. Tendo como exemplos: melisopalinologia em: Marrocos (Terrab et al. 2003; Khabbach et al, 2013); no Benini (François et al. 2017); na Nigéria (Adenkanmbi, 2009; Ebenezer, 2010; Ayansola, 2012; Dukku, 2014; Adeonipekun, 2019); no Egipto (Samira, 2013); no Quénia (Onyango et al. 2019; Warui et al. 2019); no Chade (Nguemo et al, 2016).

Embora nos últimos anos se tenham registado muitos estudos melisopalinológicos em África, até então não existem referências deste tipo de estudos em Moçambique. Dai que se justifica o presente estudo sobre a análise melissopalinològica do mel produzido aos redores do Parque Nacional da Gorongosa – PNG. Pretende-se com este estudo providenciar informação científica sobre as espécies vegetais visitadas com maior frequência por *Apis mellífera* L., as quais contribuem para a produção do mel mediante a análise do espectro polínico e averiguar a possibilidade de produção de méis mono florais. Testando -se a hipóteses de que as abelhas só usam o pólen/néctar de plantas nativas para a produção do mel ao redor do PNG.

Para além da aplicação científica os resultados desta pesquisa também poderão ser usados como uma ferramenta de tomada de decisão sobre o ordenamento apícola com vista a maximização da produção apícola na região, e para a identificação de culturas que podem se beneficiar da polinização por abelhas.

2.0.Metodologia

2.1. Descrição da área de estudo

A determinação de espécies de plantas mais visitadas por abelhas na produção do mel mediante análise polínica, teve como área de estudo as comunidades de Mazamba, Nhamakaringa, Chite e Kódzue no distrito de Cheringoma. E as comunidades de Murombodzi (Serra da Gorongosa) e Centro de Educação Comunitária – CEC no distrito de Gorongosa. Estas comunidades fazem parte da zona tampão do Parque Nacional da Gorongosa, que se localiza na Província de Sofala em Moçambique (Figura 1.2). Estas comunidades fazem parte do programa de apicultura do parque que vem sendo desenvolvido deste o ano de 2013, em toda zona tampão do Parque. O programa teve início nos distritos de Cheringoma e Gorongosa, razão pela qual foram escolhidos estes dois distritos para a realização da pesquiza, porque é onde o programa já vem sendo desenvolvido com êxito.

2.1.1. Caracterização do Distrito de Cheringoma

O distrito de Cheringoma está situado a Nordeste da Província de Sofala com cerca de 8. 739 km^2 e uma população estimada em 58. 542 Mil habitantes. A densidade populacional é aproximada 7 habitantes/km^2, com estrutura etária que reflecte uma relação de dependência económica de 1:9, o que significa que por cada criança ou ancião existem nove pessoas em idade activa (MAE, 2005; INE, 2017).

O distrito de Cheringoma tem um clima do tipo tropical chuvoso de savana com temperatura média anual de 24,2 ºC. Em Cheringoma predominam solos de tipo calcário. É um distrito rico em recursos hídricos, sendo servido pelos Rios Púnguè a Sul e, Zambeze a Norte. Estes recursos hídricos permitem a formação de uma vegetação mista de florestas densas, florestas abertas e florestas de miombo. Nestas florestas predominam plantas do género: *Brachystegia, Isoberlina, Julbernardia, Pterocarpus, Burkea, Millettia, Pteleopsis* e *Erythrophleum* (ADC, 2005; MICOA, 2012; Marzoli, 2008; Stalmans, 2008).

2.1.2. Caracterização do Distrito de Gorongosa

O distrito de Gorongosa localiza-se na parte centro-ocidental da Província de Sofala (Figura1). Ocupa 7 659 km^2 e tem 82 226 Mil habitantes. Este distrito tem uma densidade populacional de 24 habitantes/km^2, onde por cada criança ou ancião existem oito pessoas em idade activa, reflectindo uma estrutura etária de dependência económica de 1:8 (INE, 2017; MAE, 2014).

O distrito de Gorongosa é caracterizado por um clima tropical Seco, com uma precipitação média anual de 1241 mm, os solos desta região são vermelhos laterícios que dam lugar na sua maior parte a vegetação de miombo seco e florestas sempre verde de montanha. Neste distrito predominam espécies vegetais como: *Acacia sp., Uapaca sp., Podocarpos sp., Cussonia sp., Combretum sp.*, etc (ADG, 2006; MAE,2014; Marizoli, 2008; Stalmans, 2008)

2.2. Procedimentos metodológicos

Os procedimentos metodológicos incluíram as seguintes etapas descritas abaixo:

2.2.1. Obtenção das amostras

O período de maior floração das espécies nativas é de Novembro - Dezembro. Entretanto por questões de logística só foi possível fazer a colheita das flores em Novembro. Assim sendo a colheita das amostras foi feita em Novembro de 2018 nos dias: 13 em Kódzue, 14 em Mazamba, 15 em Chite, 16 em Nhamakaringa. No dia 18 do mesmo mês foi feita amostragem em Murombodzi (Serra da Gorongosa) e no dia 20 amostrou-se a comunidade do Centro de Educação Comunitária – CEC ambos no distrito de Gorongosa Uma segunda amostragem foi feita entre os dias 20 a 25 de Abril de 2019 na comunidade do CEC. Sendo que por questões de instabilidade político/militar não foi possível fazer uma segunda amostragem nas comunidades localizadas no distrito de Cheringoma e na Serra da Gorongosa.

Desta forma foram colectadas amostras de flores para identificar os recursos usados por abelhas em apiários que fazem parte do programa de apicultura do PNG, assim como amostras de mel dos referidos apiários para análise do espectro polínico do mesmo. O programa de apicultura do PNG fomenta a prática da apicultura sustentável através da oferta de colmeias melhoradas às comunidades, dá assistência técnica, compra e processa o mel produzido pelas comunidades locais.

Seis apiários foram seleccionados para o estudo (Figura.1.1), tendo sido amostradas quatro colmeias em cada apiário.

Para a elaboração das lâminas de referência (Palinoteca), foi feita a colheita de todas flores de plantas em floração num raio de 500 m para o sentido norte, sul, este e oeste de cada colmeia amostrada como mostra o esquema da Figura 1.3. As amostras de flores foram secas em estufa por 3 dias a 50° C, e conservadas em envelopes de cartolina a 17^{0} C na colecção de plantas do laboratório de Biodiversidade EO Wilson no PNG.

Para análise do espectro polínico do mel, 50 mL de mel foram colectados em cada colmeia. No total vinte e quatro amostras de mel foram disponibilizadas por apicultores dos mesmos apiários onde foram feitas colectas de flores. As amostras foram conservadas em tubos de falcon de 50 mL a uma temperatura de -2^{0} C no Laboratório de Biodiversidade EO Wilson no PNG (Figura 1.4).

Na comunidade de Murombodzi não foi possível colectar mel porque as abelhas abandonaram as colmeias, por motivos desconhecidos. Como havia necessidade de se caracterizar o mel da Serra da Gorongosa optou-se por colectar amostras de mel na zona de Vundudze, que também se localiza na Serra da Gorongosa. Do ponto de vista de cobertura vegetal Vundudze è dominado por floresta de miombo enquanto Murombodzi é uma “grasslands” e “woodland” e encontra-se a cerca dos 900 m de altitude. Na zona de Vundudze só foram colectadas amostras de mel e não flores. O resto das amostras de mel foi colectado nos mesmos apiários onde foram colectadas amostras de flores.

2.2.2. Criação da palinoteca de referência

A identificação das espécies que foram usadas na produção do mel em cada local, assenta na comparação com os pólenes amostrados nas flores, por conseguinte foi elaborada uma palinoteca de referência tratando o pólen da mesma metodologia adaptada de Louveaux et al. (1978). Para o efeito foram dissecadas as anteras das flores e separados os grãos do pólen para tubos de Eppendorf de 5mL. O volume dos tubos foi preenchido com água destilada e centrifugado durante 15minutos a uma velocidade de 3500 r.p.m. Depois de centrifugar foi descartado o sobrenadante, e agitou-se o conteúdo com o Vórtex. De seguida foi adicionado 1mL de ácido acético glaciar, agitou-se e nas condições anteriores foi feita uma nova centrifugação.

Preparou-se uma solução de acetólise, misturado 27 mL de anidrido acético e 3 mL de ácido sulfúrico, ou seja, na proporção 9:1, esta mistura foi adicionada aos tubos depois de descartar o sobrenadante e de misturar com o Vórtex. De seguida os tubos ficaram em banho-maria fervente por 6minutos e depois foram centrifugados nas mesmas condições.

De seguida foi feita a limpeza dos grãos de pólen, através da adição de água destilada ate ao topo dos tubos e feita a centrifugação a 3500 r.p.m por 15 minutos. Descartou-se o sobrenadante. Desseguida foi preparada uma mistura de 15mL de água destilada e 15mL de glicerol na proporção 1:1, que foi adicionado ao tubo contendo a amostra previamente agitada por Vórtex. Os tubos com o conteúdo polínico foram submetidos a centrifugação nas mesmas condições. Feito isto os tubos ficaram em repouso por uma noite.

De seguida foram preparadas quatro lâminas microscópicas por amostras. Foi descartado o sobrenadante dos tubos usando pipetas de pasteur e adicionado 50 µl de glicerogelatina previamente aquecida a 40º C. Uma gota foi pipetada na lâmina e colocou-se resina por volta da mistura para aderir a lamela e selar a preparação. As lâminas foram deixadas na posição invertida em um aplaca de aquecimento a 40º C por cerca de 1h para que os grãos de pólen ficassem aderidos á lamela e não a lâmina. De seguida, as lâminas foram tiradas da placa e deixadas a arrefecer sobre um papel de cozinha na bancada ainda na posição inversa. Depois de arrefecem, as lâminas foram colocadas etiquetas com informação sobre a família, espécie e tipo de morfologia do grão de pólen (Figura 1.5)

2.2.3. Preparação das amostras de mel

Para a caracterização quantitativa e qualitativa do mel, um copo beaker de 50 mL com água destilada foi colocado em uma placa de aquecimento a 30ºC. De seguida foi feita a homogeneização das amostras de mel com ajuda de uma vareta ainda nos tubos, depois de homogeneizado o mel, foram adicionados 10 g, um magneto e 20 mL de água destilada morna um copo beaker de 50 mL e levados a placa de aquecimento.

Depois de homogeneizar a mistura foi transferida para um tudo de falcon de 50 mL e preenchido o volume com água destilada, levada a centrifugação por 15minutos a 3500r.p.m. Foi rejeitado o sobrenadante e transferindo-se o sedimento para tubos de Eppendorf de 5 mL e de seguida outra

centrifugação nas mesmas condições. Depois da centrifugação foi descartado o sobrenadante, homogeneizada a mistura com um Vórtex e adicionado em seguida 1 mL de acido acético e levado a nova centrifugação nas mesmas condições.

Enquanto os tubos estavam na centrìfuga foi preparada a mistura de acetólise na proporção 9:1 o que resultou na mistura de 18 mL de anidrido e 2 mL de acido sulfúrico. O sobrenadante foi rejeitado, e 1 mL da solução de acetólise foi adicionada aos tubos com as amostras. Foram agitados em Vórtex, e levados ao banho-Maria fervente por 5minitos, e centrifugados por 15minutos a 35 00 r.p.m.

Depois de centrifugar foi rejeitado o sobrenadante e o conteúdo foi agitado no Vórtex. Foram adicionados 5 mL de água destilada e centrifugados de novo. Foi descartado o sobrenadante, agitada a mistura por Vórtex, e adicionada aos tubos 1 mL duma mistura de água destilada e glicerol (1:1). Finalmente os tubos foram levados a centrífuga por 15minutos a 35 r.p.m.

Foi retirado o sobrenadante, foram pipetados volumes de glicerogelatina correspondentes ao volume do sedimento polínico contido nos tubos, e foram de seguida aquecidos em água previamente colocada em copos beaker na placa de aquecer a 40^0 C.

Foi feita a mistura do conteúdo por Vórtex e pipetados 17 µl do conteúdo para as lâminas desenhando um quadrado na lâmina. Por cima do conteúdo polínico foi colocado uma lamela de 2x2mm (Figura 1.5). A lâmina foi colocada na posição inversa para que os grãos de pólen viessem a superfície da lamela. Depois as lâminas foram levadas a aquecer a 40^0 C na placa pelo menos meia hora, depois de arrefecidos foi passado verniz incolor de unhas nas extremidades para aderir a lamela a lâmina. As lâminas microscópicas foram preparadas para a obtenção das microfotografias, identificação e contagem dos grãos de pólen.

2.2.4. Análise quantitativa e qualitativa

Na análise polínica qualitativa foram contados 850 grãos de pólen por amostra percorrendo a lâmina em zig-zag procurando ler uma área representativa da preparação, usando um microscópico Nikon microphot-fxa acoplado a uma câmara Leica C3 com ampliação 1000x. A identificação dos grãos de pólen no mel foi feita com base nas comparações com as preparações de referência. Entretanto ouve a necessidade de recorrer a atlas polínicos, principalmente o "*Atlas of the tropical*

West African pollen flora" (Gosling, Miller e Livingstone, 2013) e "*Atlas of pollen and spores and their parent taxa of Mt Kilimanjaro and tropical East Africa*" (Schüler e Hemp, 2016), para fazer a identificação da maior parte dos pólenes no mel porque não coincidiam com os da preparação de referência. Em casos em que não foi possível identificar com base em atlas a identificação foi feita por um especialista em palinologia (Giancarlo Ricciardelli D'Albore). E os resultados relativos a cada espécie ou tipo polínico foram expressos em percentagem do total contado.

A determinação da classe polínica foi feita com base no critério geral estabelecido por Louveaux et al (1978) tendo sido designado de pólen muito frequente maior que 45%; pólen frequente entre os 16-45%; pólen raro entre os 3-15% e o pólen esporádico menor que 3%. Foram achadas as frequências globais incluindo todos tipos polínicos para caracterização das plantas visitadas por abelhas e depois foram retirados os tipos polínicos não nectaríferos por forma de determinar as plantas que contribuem para produção do mel na região.

Devido a sua complexidade de formas polínicas, as asteráceas foram agrupadas em Tipo Asteracea e Tipo Vernonia. O mesmo critério foi aplicado para agrupar todas poáceas e identificadas em tipo Poacea com excepção do género Setaria e a espécie *Zea mays*.

A análise quantitativa do mel não foi feita porque todo mel amostrado era mel de néctar, visto que a análise quantitativa objectiva distinguir o mel de néctar do mel de melada.

2.2.5. Análise estatística

Para verificar se a informação do espectro polínico dos méis apresenta potencial para diferenciar os méis foi feita uma análise estatística descritiva e análise multivariada de componentes principais no JMP versão 13.

3.0. Resultados

3.1.Diversidade florista amostrada

Nos seis apiários amostrados foram colectadas 60 amostras de plantas. Para a elaboração da palinoteca de referência foram usadas 49 espécies de plantas, porque as restantes não tinham material polínico suficiente. As 49 espécies pertencem a 25 famílias botânicas (Tabela 1.2). Na Figura 1.7 são apresentadas algumas imagens microscópicas de grãos de pólenes das plantas colectadas.

3.2. Diversidade polínica do mel

Da análise polínica de 24 amostras de mel foram identificados 36 tipos polínicos pertencentes a 17 famílias botânicas. Dos tipos polínicos observados, registou-se uma predominância do pólen de plantas pertencentes a família Fabaceae. A família Fabaceae esteve representada com 7 tipos de grãos de pólen. Esteve igualmente bem representada a família Malvaceae com 4 tipos polínicos. As famílias Anacardiaceae e Poaceae estiveram representadas com 3 tipos polínicos. As famílias Acanthaceae, Asteraceae, Asparagaceae, Cumbretaceae, Myrtaceae e Lamiaceae estiveram representadas com 2 tipos polínicos cada e as famílias Araceae, Boraginaceae, Capparaceae, Pedaliaceae, Rubiaceae, Cyperaceae e Vitaceae estiveram representados com 1 tipo polínico cada. O número dos tipos polínicos por amostra variou de 4-11 tipos.

Dos 36 tipos polínicos identificados, cinco foram identificados á nível de família; 17 foram identificados ao nível de género; 14 identificados ao nível de espécie, um ao nível de tipologia e outros não identificados.

Foram identificados 12 méis mono-florais concretamente, um de *Acacia sp* na comunidade de Mazamba. Três de *Cumbretum apiculatum* nas comunidades de Chite, Kódzue e Mazamba. Um de *Lannea schwinfurthii* na comunidade de Nhamakaringa. Quatro de *Dracaena reflexa* nas comunidades de Kódzue, Chite, Nhamakaringa e Vundudze. Um de *Crotalaria sp* na comunidade de Chite. Um de *Triumfetta sp.* na comunidade de Kódzue e um do tipo Lamiaceae na comunidade de Vundudze. Os tipos polínicos mais dominantes tiveram taxas de frequência entre os 47.5% - 96.3% (Tabela 1.3).

Os pólenes das espécies *Julbernardia globiflora*, *Cassia afrofistula*, *Sesamum indicum* e *Hibiscus surattensis* apareceram com frequência nas amostras representando valores entre os 33%-41%. Os pólenes frequentes e muito frequentes foram na sua maior parte, de espécies arbóreas e árbustos e os pólenes esporádicos bem como os pólenes raros pertenciam na sua maioria às plantas de herbáceas e gramíneas.

O maior número de méis classificados polinicamente como mono florais foi observado na região de Cheringomas; na Serra da Gorongosa foram observados dois e nenhum foi observado no CEC.

No geral todos méis analisados continham grãos de pólen de espécies não nectaríferas pertencentes a família Poaceae e Cyperaceae com destaque para a espécies *Zea mays* (milho) e género *Cyperus*. A maior percentagem de presença de grãos de pólen de milho foi observada em amostras de mel provenientes de Vundudze com cerca de 53.3% do total dos pólenes contados. As amostras provenientes de Kódzue não tiveram registos de grãos de pólen de milho.

No espectro polínico do mel analisado foi observada a presença de espécies exóticas como as do genro *Eucaliptus sp*. Na Figura 1. 8 está representada de forma resumida o esquema gráfico do espectro polínico por famílias nas áreas de estudo.

Com o intuito de avaliar se o espectro polínico pode ser usado como critério para discriminar a origem geográficas do mel, foi realizada uma análise de componentes principais, cujo resultado se apresenta na Figura 1.9. De uma forma geral pode-se dizer com base na análise de componentes principais das plantas nectaríferas que existe uma tendência de não diferenciação entre os méis produzidos na zona tampão do PNG com base no seu espectro polínico.

A formação de 2 grupos: o primeiro formado por amostras localizadas no primeiro quadrante que com excepção de três pertencem todas a CEC, nos quadrantes dois, três e quatro estão as amostras de Cheringoma e Serra. Duas amostras de méis, uma amostra do CEC e outra de Cheringoma distanciaram-se na totalidade dos outros méis revelando uma clara distinção destes méis com os demais. Desta forma fica evidente que os méis da Cheringoma e Serra da Gorongosa não são diferenciáveis pelo espectro polínico.

Analisando os tipos polínicos que mais contribuem para a distinção do mel por região de produção observou-se que as espécies *Justicia sp. Julbernardia globiflora, Cissus sp.* tipo Vernónia,

Capparis sp. *Entada abyssinica*, *Cumbretum apiculatum* e *Elephantorhiza elefantina* foram as que mais contribuem para a diferenciação do mel produzido na região da zona tampão do Parque (Figura 1.10).

3.3.Discussão

Este estudo analisou o espectro polínico dos méis produzidos na zona tampão do PNG. O total de 39 tipos polínicos foram identificados em 24 amostras, o que reflecte a grande diversidade de pólen e néctar existente nesta região. Não é possível comparar o espectro polínico do mel da Gorongosa com o mel de outras regiões vizinhas de Moçambique porque ainda não existem estudos melissopalinològicos feitos no país, dai que se recorreu a estudos feitos em outros países africanos.

O espectro polínico do mel estudado não só indicou a presença de espécies nativas, mas também de espécies exóticas e cultivadas como é o caso do *Eucalyptus sp.* e *Zea mays* como recursos polínicos/nectaríferos das abelhas. A presença de tipos polínicos de plantas exóticas bem com cultivadas em amostras de mel, indicam que agro-sistemas providenciam alimento às abelhas e que as plantas desses ecossistemas podem ser ùteis no suporte da sobrevivência das abelhas e produção do mel especialmente quando as plantas nativas não estão em floração *(*Warui et al. 2019).

O espectro polínico do mel da zona tampão do PNG é dominado por espécies das famílias Fabaceae, Anacardiaceae, Malvaceae, Asteraceae e Poaceae. Estas famílias também foram reportadas como dominantes em estudos de espectros polínicos de méis de Quénia, Egipto, Camarões e Nigéria (Ebenezer, 2010; Dukku, 2013; Nguemo et al. 2016; Onyango, 2019; Warui et al. 2019; Hepburn, 1995;).

Nesta pesquisa foi observado um espectro polínico diverso composto por diversos taxas, com dominância de espécies nativas como a Acácia. Resultados semelhantes foram obtidos no estudo do espectro polínica de amostras de méis provenientes de três zonas fitogeográficas de Benin por François e colaboradores (2017). Na caracterização de méis do Quénia, Warui (2019) também obteve os mesmos tipos de resultados. A predominância de tipo polínico *Acacia sp*. em muitas amostras de mel é devido a preferência das abelhas por flores das acácias. Também se deve ao

facto das *Acacia sp*. terem muitas flores por inflorescência, providenciarem bastante pólen/néctar aos insectos que as visitam durante o ano além de serem plantas muito abundantes nos ecossistemas de savana africana (*S*tone et al., 2003; Mbah, 2009; Dukku, 2013).

A pesquisa indicou a existência de 12 méis mono florais de espécies nativas (*Acacia sp., Cumbretum apiculatum, Crotalaria sp., Dracaena reflexa* e *Lannea schwinfurthi*). Analisando espectro polínico de méis africanos Onyango, (2019); Nguemo e colaboradores (2016) também identificaram *Lannea sp. Acacia sp. e Cumbretum sp* como espécies dominantes nos espectros polínicos analisados. Entretanto nenhum estudo feito indicou a dominância das espécies *Crotalaria sp, Dracaena reflexa e Triumfetta sp.* nos espectros polínicos. Contudo em estudos sobre flora melífera africana, essas espécies são descritas como melíferas (Radbea, 2009; Abou-Shaara, 2015; Johannsmeier, 2016).

As abelhas são animais visuais e fazem a colecta e transporte de néctar/pólen de diferentes maneiras, a sua preferência por tipo de flor tem em conta as características florais como: cor, forma, perfume e a localização do recurso floral (Loken, 1981). No estudo sobre as plantas mais visitadas por abelhas de Bukavu na República Democrática do Congo foi observado que as abelhas visitavam, mas plantas com flores coloridas (Dongock, 2004). No estudo sobre potenciais plantas melíferas do Egipto foi observado que o género Dracaena é nectarífero, ou seja, essas plantas fornecem néctar as abelhas (Abou-Shaara, 2014). Desta forma pode-se relacionar o facto da *Dracaena reflexa* ter sido a planta com maior dominância por ter uma flor de cor atractiva (cor branca) e por disponibilizar néctar, que é a matéria-prima para produção de mel.

Geralmente em regiões tropicais onde há alta diversidade e abundancia de plantas em floração, as abelhas são muito selectivas e forrageiam as espécies mais atraentes próximas a colmeia, gastando menos energia em suas actividades. Elas preferem flores muito ornamentadas perto das colmeias onde eles procuram preferencialmente os maiores fornecedores de néctar entre as espécies (Lobreau-Callen, 1994).

Na análise polínica dos méis para além do conhecimento da morfologia polínica, o calendário florístico da região, a data da cresta, e o processo de extracção do mel, são também factores a ter em consideração, pois contribuem para uma maior precisão e facilidade da interpretação do

espectro polínico (Russo-Almeida, 1996). Desta forma a ausência de um calendário florístico da região da Gorongosa torna difícil a interpretação dos resultados do espectro polínico da região.

O que realça a importância de se elaborar um calendário de floração das espécies melíferas desta região, não só para conhecer as espécies vegetais que contribuem para composição do mel Marchini et al. (2001), mas também para desenvolver estratégias de maneio da apicultura que poderão maximizar a exploração do fluxo de néctar e pólen (Salomé, 2003).

A análise de componentes principais mostrou que as plantas usadas por abelhas para produzir mel não poderão ser usadas como indicador para diferenciar a origem botânica do mel de Cheringoma do mel da Serra da Gorongosa. Este resultado é explicado com base nas observações tidas durante as análises polínicas, onde se verificou muitas semelhanças entre os tipos polínicos observados nos dois locais.

Se por um lado a análise melissopalinològica é fundamental para a classificação dos méis de acordo coma origem botânica, as análises físico-químicas, e a análise sensorial, são também necessárias para a correcta classificação em mono-florais.

Capitulo II. Análise da composição isotópica do mel produzido no Parque Nacional da Gorongosa

2.0. Introdução

O mel é um produto natural amplamente consumido, não apenas desejável pelo sabor e valor nutricional, mas também pelos benefícios à saúde. Desde os tempos antigos, o consumo de mel é geralmente associado às suas propriedades medicinais, sendo tradicionalmente usado para curar feridas/queimaduras, tratamento de resfriados (Erejuwa et al. 2012). Nas zonas rurais para além do consumo, a produção do mel é tida como uma fonte alternativa de rendas muito importante, especialmente em comunidades próxima a áreas de conservação, onde há uma abundância e diversidade de plantas para as abelhas prosperarem e produzir mel em quantidade e de qualidade. Nestas áreas a produção do mel possui vantagens tanto para as comunidades locais, através da geração de renda, assim como para a conservação dos ecossistemas, através da polinização (Chanthayod et al., 2017).

Entretanto devido à oferta do produto ser menor que a procura, seu preço é relativamente alto, incentivando dessa forma a sua adulteração (Rossi et al. 1999), fazendo com que o mel seja o terceiro alimento mais adulterado do mundo. A adulteração do mel prejudica as comunidades locais e a conservação, pois o mel perde o seu valor no mercado, o que resulta consequentemente na perda da renda das comunidades locais, obrigando – as a buscar sustendo na floresta, o que cria maior pressão sobre este recurso. A adulteração do mel baseia-se principalmente na substituição ou extensão dos principais componentes do mel, isto é, água e açúcar. As adulterações mais sofisticadas do mel envolver o uso de xaropes de açúcar, por exemplo, xarope de milho com alto teor de frutose (HFCS); outra forma de adulteração do mel é através do mel artificial e rotulagem incorrecta sobre a origem botânica ou geográfica (Damto, sd.; Anklam, 1998).

Para evitar estes problemas, e valorizar o mel produzido ao redor de áreas de conservação e garantir o benefício às comunidades locais, para que desta forma estas conservem as florestas, pode-se realizar análises isotópica do mel; estas análises, podem ser feitas porque, o mel assim como outros

produtos alimentares e bebidas têm uma assinatura química exclusiva que pode ser comparada a uma impressão digital, o que permite determinar a sua autenticidade e identificação do produto.

Autenticidade significa que um produto foi produzido, transportado e vendido de uma forma tal que corresponde às expectativas associadas a esse produto. Nos últimos dez anos, os consumidores passaram a ter um interesse em alimentos fortemente identificados com um local de origem. Uma avaliação suíça apontou que 82% dos clientes tem em consideração a origem dos alimentos para a decisão de compra (Franke, remaud, Hadorn & Kreuzer, 2005). As razões para esse crescente interesse dos consumidores variam de (1) qualidades culinárias ou organolépticas específicas associadas a produtos regionais, (2) saúde, (3) patriotismo, (4) atenção da mídia, (5) diminuição da confiança na qualidade e segurança de produtos produzidos fora de sua região local, ou (6) preocupação com o bem-estar animal e métodos de produção ambientalmente amigáveis, mais frequentemente adoptados por pequenos produtores regionais (Gilg, 1998; Ilbery, 1998; Kelly, 2003).

A demanda por produtos ligados à zona de origem, fez com que houvesse a necessidade de criação de regulamentos, como é o caso dos regulamentos da EU 1898/2006. O regulamento da UE permite a aplicação das seguintes indicações geográficas a um produto alimentar: denominação de origem protegida (DOP), indicação geográfica (IGP) e especialidades tradicionais garantido (TSG). A designação DOP é o termo usado para descrever os alimentos produzidos, processados e preparados em uma determinada área geográfica usando métodos reconhecidos. Com por exemplo: Azeitonas noires de Nyons (azeitona de mesa, França), Roquefort (queijo, França), Noord-Hollandse Gouda (queijo, Países Baixos) e Opperdoezer Ronde (batata, Países Baixos) (Mout, 2004).

Para a IGP, a ligação com a área geográfica deve ocorrer em pelo menos uma das etapas da produção, processamento ou preparação. Como nos casos: Borrega da Beira (carne fresca, Portugal), Coppia Ferrarese (pão, Itália) e Westlandse Druif (uva, Países Baixos). Uma designação TSG não se refere à origem, mas destaca um carácter tradicional, seja na composição ou nos meios de Produção. Exemplos são: mussarela (queijo, Itália), tradicional Farmfresh Turquia (Reino Unido) e Panellets (Espanha)

A utilização de indicações geográficas permite aos produtores obter reconhecimento de mercado e frequentemente um preço premium. O maior exemplo que existe na área da apicultura é do mel de Manuka na Nova Zelândia, considerado o mel mais caro do mundo, porque e lhe foi atribuído propriedades terapêuticas especiais; no ano de 2015 a venda do mel de Manuka foi avaliada em US $ 6,6 bilhões ((Luykx, 2008).

Uma das técnicas mais comuns para determinar a autenticidade dos produtos alimentares tem como base a Espectrometria de massa de razão isotópica (IRMS). Isto significa que o produto pode ser diferenciado com base na região geográfica, processos botânicos, e fisiológicos, processos de fertilização dos solos e práticas fraudulentas (adição de açúcar ao mel, rega de vinhos e bebidas espirituosas). Esses processos podem ser rastreados usando os princípios associados ao fraccionamento isotópico de elementos chave como o carbono, nitrogénio, enxofre, oxigénio e hidrogénio, e onde as suas variações indicam a origem e a história dos produtos alimentares e bebidas (Luykx, 2008; Luo et al., 2015; Geana, 2019).

Assim sendo a base de fraccionamento isotópico do carbono é explicada com base no ciclo do carbono que envolve actividades de troca de CO2 entre a atmosfera, ecossistemas terrestres e a superfície do oceano. Desta forma os valores de ^{13}C do CO2 atmosférico diminuem em resposta às entradas de ^{13}C empobrecido, provenientes da queima de combustíveis fósseis, aliada à biomassa vegetal, queimada ou em decomposição. Desta forma, o valor dos isótopos de carbono pode ser diferenciado em três grupos de plantas C-3, C-4 e CAM.

Nas plantas C-3, o fraccionamento de carbono ocorre nos dois passos do processo fotossintético: difusão/ dissolução e carboxilação; na carboxilação por enzima ribulose-1,5 bifosfato carboxilase (rubisco) ocorre um elevado fraccionamento, devido a grande ligação da enzima com o ^{12}CO2, o que faz com que, a planta C3 seja muito empobrecida em carbono pesado (^{13}C = – 34 a –22 ‰) (Gannes; Del Rio; Kock, 1998). Nas plantas C-4, por usarem a via fotossintética Hatch-Slack, em que a enzima de carboxilação fosfenolpiruvato (PEP) carboxilase reduz, o CO2 para ácido aspártico ou málico, discriminando menos contra o 13C, deixando os valores isotópicos das plantas C-4, com ^{13}C entre –14‰ a –16‰ (Lopes; Benedito-Cecilio, 2002).

Por sua vez, as plantas que utilizam a via metabólica dos ácidos crassulásseos (CAM) possuem as mesmas enzimas utilizadas na via C-4, porém com actividade enzimática diferenciada. Essas

plantas fixam o CO2 durante a noite, usando a PEP-carboxilase com fraccionamento, comummente, encontrado em plantas C-4, associado ao de C-3, sendo sua variabilidade isotópica registada entre –10 e –28‰ (Lopes; Benedito-Cecilio, 2002).

O ^{15}N das plantas, assemelha-se ao de sua fonte de nitrogénio por duas razões: primeiro, as plantas não fraccionam o nitrogénio quando absorvem nitrato, e segundo, as plantas reutilizam seu nitrogénio com produtos em um grau maior que os animais. Portanto, as vias biossintéticas em plantas, que não fraccionam o nitrogénio, dependem de uma variação na composição da fonte de nitrogénio, o que pode revelar plantas com distintas assinaturas isotópicas. Por exemplo, o solo contém mais ^{15}N que a atmosfera, assim, plantas que fixam o nitrogénio atmosférico são empobrecidas quanto a esse elemento, em relação às não-fixadoras para um mesmo local (Gannes; del Rio; Kock, 1998; Pereira, 2007).

O nitrogénio é incorporado ao solo por diversos processos e pode ser classificado como inorgânico e orgânico. 98% do nitrogénio existente no solo esta na forma orgânica, necessitando desta forma a sua transformação (processo de mineralização) para ser aproveitada pela planta (Taiz, 1998). O nitrogénio, também pode ser incorporado no solo através da fixação directa do ar pelos microrganismos do solo., como bactérias e fungos. Este processo só acontece depois da decomposição dos resíduos de raiz, folha, ramos, cascas e troncos (Odum, 1983; Cleveland et al., 1999).

Deste modo, fraccionamento isotópico está na base da interpretação da composição isotópica dos tecidos e compostos orgânicos dos alimentos porque, a razão isotópica estável muda com as condições climáticas, origem geográfica, solo e geologia dos locais de origem dos produtos alimentares. Os isótopos N e C estão simplesmente relacionadas ao clima e às condições praticadas (Garbaras et al., 2019).

Tendo em conta a aplicabilidade dos isótopos em estudos de autenticidade e determinação geográfica do mel, tem lugar a presente pesquisa sobre a análise da composição isotópica do mel produzido por *Apis melífera* L no Parque Nacional da Gorongosa. A pesquisa foi realizada testando a hipótese de que o mel proveniente da Serra da Gorongosa teria assinatura isotópica mais distinta, tomando em consideração as condições edafoclimaticas particulares da Serra da Gorongosa.

3.0. Metodologia

3.1. Descrição da área de estudo

Este trabalho teve como área de estudo os distritos de Cheringoma e Gorongosa. Na região de Cheringoma, o trabalho foi realizado nas comunidades de Mazamba, Nhamakaringa, Chite e Kódzue, e as comunidades de Vunduzi na Serra da Gorongosa e Centro de Educação Comunitária – CEC, ambos localizados no distrito de Gorongosa. Estas comunidades fazem parte da zona tampão do Parque Nacional da Gorongosa, que se localiza na Província de Sofala em Moçambique (Figura 2.1).

Este estudo teve lugar para a determinação da composição isotópica de carbono e nitrogénio do mel, foram colectadas amostras de mel em apiário localizados nos distritos de Cheringoma e Gorongosa ao redor do Parque Nacional da Gorongosa. Estes apiários fazem parte do programa de apicultura do PNG. Este programa fomenta á prática da apicultura sustentável através da oferta de colmeias melhoradas as comunidades, da assistência técnica e compra e processamento do mel produzido.

O programa vem sendo desenvolvido deste o ano de 2013, em toda zona tampão do Parque. O programa teve início nos distritos de Cheringoma e Gorongosa, razão pela qual foram escolhidos estes dois distritos para a realização da pesquiza, porque é onde o programa já vem sendo desenvolvido com êxito. Seis apiários foram seleccionados para o estudo (Figura.1), tendo sido amostradas quatro colmeias em cada apiário.

3.1.1. Caracterização do Distrito de Cheringoma

O distrito de Cheringoma está situado a Nordeste da Província de Sofala, com cerca de 8. 739 km^2 e uma população estimada em 58. 542 Mil habitantes. A densidade populacional é aproximada 7 habitantes/km^2, com estrutura etária que reflecte uma relação de dependência económica de 1:9, o que significa que por cada criança ou ancião existem nove pessoas em idade activa (MAE, 2005; INE, 2017).

O distrito de Cheringoma tem um clima do tipo tropical chuvoso de savana com temperatura média anual de 24,2 ºC. Em Cheringoma predominam solos de tipo calcário. É um distrito rico em recursos hídricos, sendo servido pelos Rios Púnguè a Sul e, Zambeze a Norte. Estes recursos

hídricos permitem a formação de uma vegetação mista de florestas densas, florestas abertas e florestas de miombo. Nestas florestas predominam plantas do género: *Brachystegia, Isoberlina, Julbernardia, Pterocarpus, Burkea, Millettia, Pteleopsis* e *Erythrophleum* entre outros (ADC, 2005; Marzoli, 2008; Stalmans, 2008; MICOA, 2012).

3.1.2. Caracterização do Distrito de Gorongosa

O distrito de Gorongosa localiza-se na parte centro-ocidental da Província de Sofala (Figura1). Ocupa 7. 659 km^2 e tem 82. 226 Mil habitantes. Este distrito tem uma densidade populacional é de 24 habitantes/km^2, onde em cada criança ou ancião existem oito pessoas em idade activa, reflectindo uma estrutura etária de dependência económica de 1:8 (MAE, 2014; INE, 2017).

O distrito de Gorongosa é caracterizado por um clima tropical seco, com uma precipitação média anual de 1241 mm, os solos desta região são vermelhos laterícios que dam lugar na sua maior parte a vegetação de miombo seco e florestas sempre verde de montanha. Neste distrito predominam espécies vegetais como: *Acacia sp., Uapaca sp., Podocarpos sp., Cussonia sp., Combretum sp.,* etc (ADG, 2006; Marizoli, 2008; Stalmans, 2008; MAE,2014;).

3.2. Procedimentos metodológicos

3.2.1. Amostragem

Para a determinação da composição isotópica de carbono e nitrogénio do mel, foram colectadas amostras de mel em apiário localizados nos distritos de Cheringoma e Gorongosa ao redor do Parque Nacional da Gorongosa.

Foram amostrados seis apiários, tendo sigo colhidas quatro amostras em cada apiário. No total foram amostradas 24 colmeias, sendo que foram analisadas somente 23 amostras de mel, porque a amostra 24 não continha material suficiente par as análises. As amostras foram colhidas no mês de Março, Abril e Agosto, e conservadas em tubos de falcon de 50 mL a uma temperatura de -20^0 C no Laboratório de Biodiversidade EO Wilson no PNG (Figura 2.2).

3.2.2. Caracterização isotópica

3.2.2.1. Protocolo para preparação das amostras de mel

Foram pesadas 5 mg de mel em cápsulas de estanho numa balança de precisão (Fisions instruments, sartorius micro, Italy) (Figura 2.3). Desseguida procedeu-se o encapsulamento. Feito o encapsulamento, as amostras foram ordenadas numa microplaca para análise elementar e isotópica.

3.2.2.2. Protocolo para preparação de amostras de mel

Todas as amostras de mel foram filtradas por uma peneira de 0,10 e 0,15 mm. A extracção de proteínas foi feita através da dissolução de 10 g do mel filtrado em 4 mL de água destilada. Desseguida foi adicionado a solução 2 mL de ácido sulfúrico 0,67 N e 2 mL de sódio estado de tungstato 10% (p / v). A mistura foi bem homogeneizada e aquecida a 80 ^{0}C até à floculação da fracção proteica ser visível.

A mistura floculada foi centrifugada por 5 minutos a 1500 rpm, e o sobrenadante foi removido. Depois a mistura foi lavada com 50 mL de água destilada e devolvida a centrifuga para outra centrifugação. O processo foi repetido por cinco vezes. Depois da centrifugação a mistura foi seca por 3 horas em um forno a 75^{0} C.

3.2.2.3. Análise isotópica de carbono e azoto

As amostras de mel e proteínas de mel foram analisadas quanto às concentrações de $\delta^{13}C$ e $\delta^{15}N$ e C e N, determinadas por espectrometria de massa de razão isotópica de fluxo contínuo (CF - IRMS) em um espectrómetro de massa de razão isotópica estável Sercon Hydra 20-22 (Sercon, Reino Unido), acoplado a um analisador elementar Euro EA (EuroVector, Itália), realizado no SIIAF. A incerteza da análise da razão isotópica, foi calculada usando valores de 6 - 9 repetições do material de referência isotópico secundário intercalado entre as amostras em cada análise de lote, foi de ≤0,1 ‰.

3.2.3. Análise estatística

Para testar diferenças entre as variáveis em estudo, um teste de Kruskall-Wallis, a uma significância de α=0.05, foi realizado, seguido de um teste de Waerden (α=0.05), para separação de médias, através do pacote agricola e do R (De Mendiburu, 2019).

Para diferenciação dos locais de proveniência das amostras, foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP) com as variáveis isotópicas do mel, tendo sido utilizado o package do R factoextra (Kassambara and Mundt, 2017). Os "eigen values" dos três primeiros eixos da ACP foram extraídos e utilizados para calcular uma matriz de dissimilaridades através das distâncias Euclidianas, utilizando o pacote stats do R (R Core Team 2018).

O método UPGMA foi utilizado para contruir um dendrograma, tendo sido novamente utilizado o pacote factoextra do R (Kassambara and Mundt 2017). Todas as análises estatísticas foram feitas em R (Studio RStudio Team 2016).

4.0. Resultados

Os resultados gerais das análises isotópicas de ($\delta^{13}C$, $\delta^{15}N$) e da análise elementar (% C e % N), no mel e na proteína do mel estão representadas na Tabela 2.1. Com base nos resultados obtidos verificou-se que as características isotópicas nas três regiões amostradas não são significativamente diferentes. Contudo foram observadas diferenças significativas na proteína ^{15}N nos méis de Cheringoma e CEC. Ainda nas proteínas foram observadas diferenças significativas na percentagem de N entre os méis da Serra e do CEC. No mel das três regiões não foram observadas diferenças do $\delta\ ^{13}C$ bem como na percentagem do C.

Para o $\delta\ ^{15}N$ nas proteínas, os resultados mostram valores enriquecidos nos méis do CEC, e valores mais empobrecidos em Cheringoma. Por sua vez o $\delta\ ^{13}C$, mostrou – se mais enriquecido nas proteínas dos méis provenientes da Serra e mais empobrecidos em Cheringoma. Em relação ao mel foi observado maior enriquecimento do $\delta\ ^{13}C$ no mel de Cheringoma e um empobrecimento nos méis da Serra.

Os resultados da comparação entre as diferenças mais significativas da % de C, mostram a existência de diferenças significativas entre a proteína e o mel analisado. A maior diferença na percentagem de carbono entre a proteína e o mel foi observada na Serra.

A análise de componentes principais mostrou uma maior variabilidade das características isotópicas do mel proveniente de Cheringoma e menor variabilidade das características isotópicas dos méis da Serra e do CEC. Estes resultados revelam uma maior facilidade de associar características isotópicas únicas aos méis do CEC (Figura. 2.4). A maior parte dos méis do CEC formam um cluster, excluindo a amostra CEC1, que vem duma colmeia distante. O mel da Serra da Gorongosa (Vunduzi) formou outro cluster (Figura 2.5)

4.1.Discussão

Este estudo analisou a composição isotópico dos méis produzidos no PNG e observar a possibilidade de diferenciar os méis por regiões. Foram observadas diferenças significativas, que permitem diferenciar os méis das três regiões com base na composição isotópica.

Desta forma, os resultados deste estudo demonstraram que a composição isotópica do N ($\delta\ ^{15}N$) no CEC foi mais enriquecida. Estes resultados foram idênticos aos resultados obtidos na caracterização isotópica de quatro tipos de méis produzidos em diferentes zonas na Eslovénia (Kropf et al. 2010). Os autores relacionam estes resultados com o tipo de plantas que as abelhas visitam, sendo que no caso são plantas pertencentes a família Fabaceae. As Fabaceae possuem nódulos radiculares onde as bactérias *Rhizobia* vivem em simbiose com a planta. Estas bactérias fixam nitrogénio do ar, e através do processo da mineralização passam o azoto do estado orgânico para inorgânico, estando dessa forma disponível para ser aproveitado pelas plantas (Taiz, 1998).

Os autores também relacionam os resultados a factores como fertilidade dos solos, sendo que são observados valores altos de $\delta^{15}N$ da proteína em regiões com solos altamente ricos em matéria orgânicos; este facto também é partilhado por Schellenberg et al., (2010), os autores relaciona a composição isotópica de azoto da fracção proteica do mel com as condições do solo da área onde o néctar foi colectado por abelhas, para estes autores por exemplo, como os solo argiloso retém compostos de azoto solúvel melhor que os solo arenosos, o teor de azoto é mais enriquecido em

solos argilosos se comparado com os solos arenosos. Desta forma o resultado na $\delta\ ^{15}N$ (3.83 ‰) obtido no CEC é justificado pelo facto de haver menos fabáceas em Cheringoma e Serra em relação ao CEC e pela ocorrência de fracções de solos argilosos no CEC.

Por sua vez os resultados da pesquiza sobre o carbono no mel mostraram valores enriquecidos de $\delta\ ^{13}C$ nos méis de Cheringoma. Estes resultados não estão em conformidade com os resultados obtidos no estudo isotópico no mel da Eslovénia por (Kropf e colaboradores 2010). Neste estudo foi observado o maior valor de $\delta^{13}C$ tanto na proteína assim como no mel, em regiões mais quentes e valores menores em zonas mais frias.

Desta forma era de esperar que estes resultados fossem obtidos em méis da Serra da Gorongosa, e do CEC visto que se trata de regiões húmidas e com uma cobertura vegetável significativa (florestas menos perturbadas).

Estes resultados podem estar ligados a aspectos como: as pequenas variabilidades dentro de cada área de amostragem, as épocas de colheita do mel, variação de altitudes, o alto número de diferentes espécies de mel (méis mono-florais de diferentes recursos polínicos) (Cina, 2014; Bontempo et al., 2015; Barriel, 2019).

Por outro lado, o resultado referente ao enriquecimento da proteína do mel da Serra ($\delta\ ^{13}C$ = -25.57), revela a não existência de adulteração do mel; isto porque de acordo Schellenberg et al., (2010) e Zhou et al., (2018) o valor de $\delta^{13}C$ no mel puro é relativamente uniforme, com valores de $\delta^{13}C$> -23,5 ‰, considerando – se desta forma, mel adulterado com xarope de açúcar, todo mel com valor de $\delta^{13}C$ inferiores aos do mel puro.

Os resultados da ACP, permitiram distinguir o mel do CEC como sendo o que tinha mais características locais para uma caracterização mais completa. O que permite dizer que em casos de uma caracterização os méis do CEC seriam os que poderiam ser distinguidos com base em suas características.

Capítulo III. Conclusão geral

No capítulo I sobre a Origem Botânica e Geográfica do Mel, foi analisada a origem botânica e geográfica de 24 amostras de méis produzidos na zona tampão do Parque Nacional da Gorongosa com objectivo de identificar as plantas que as abelhas usam para a produção do mel nesta região e inferir sobre o potencial de produção de méis mono-florais. O estudo indicou que para a produção do mel nesta região as abelhas visitam plantas nativas, exóticas e cultivadas de diversos taxas, sendo as espécies que compõem a família Fabaceae as mais visitadas. Estes resultados refutam a hipótese que para a produção do mel as abelhas ao redor do Parque colectam pólen/ néctar de plantas nativas. As famílias Poaceae e Cyperaceae constituem um grupo vegetal de extrema importância na alimentação das abelhas na zona tampão do Parque, contudo apenas como fonte de pólen.

Do ponto de vista da origem geográfica, o espectro polínico permitiu diferenciar os méis produzidos no CEC. Os méis da Serra da Gorongosa e de Cheringoma não se distinguem do ponto de vista polínico. Desta forma para a caracterização do mel da Serra da Gorongosa recomenda-se a realização de mais estudos de caracterização polínica bem como físico-químicos.

No capítulo II sobre a análise da composição isotópica do mel, foi analisada a composição isotópica do mel produzido por *Apis melífera* L. no PNG. O estudo indicou que a composição isotópica do mel do CEC permite distinguir o mel dos outros méis produzidos. Estes resultados descartam a hipótese que o mel proveniente da Serra da Gorongosa tem assinatura isotópica distinta, tomando em consideração as condições edafoclimaticas particulares da Serra da Gorongosa.

Da análise feita, conclui-se que estando a composição isotópica do carbono relacionada com a actividade fotossintética das plantas que foram visitadas por abelhas para produção do mel, pode se dizer que o estrato vegetal de Cheringoma foi o que estava mais exposto a radiação solar, o que criou condições para maior stress hídrico, o que se reflectiu no enriquecimento do carbono 13 na proteína do mel desta região.

A riqueza dos solos e a presença de muitas plantas da família Fabaceae no CEC influenciou para a ocorrência de maior percentagem de azoto na proteína do mel do CEC. Também se conclui que do ponto de vista de composição isotópica o mel de Cheringoma e da SErra não se podem distinguir dos outros, ao passo que, os méis produzidos no CEC têm características peculiares que permitem sua diferenciação. Por fim observou-se que os méis de todas áreas amostradas eram puros, sem indicação de nenhuma adulteração.

No geral, os resultados obtidos significam a garantia da renda para as comunidades e uma possibilidade de reconhecimento da qualidade do mel produzido; com isso espera-se maior envolvimento das comunidades na conservação das florestas como forma de garantir recurso polínico para as abelhas produzirem mel. Com o estudo também pode se concluir que a produção do mel no PNG para além do valor socio- económico deve ser considerado como uma ferramenta para a conservação das florestas e dos e dos ecossistemas no geral.

Recomendações

Recomenda-se:

- Aumentar a amostragem não só da composição florística, mas também dos méis produzidos em toda área do PNG.
- Realizar a caracterização físico-química de todas amostras dos méis de modo a obtenção da sua caracterização.
- Aplicação da composição isotópica de oxigénio e deutério para complementar o estudo já iniciado no que toca a caracterização geográfica do mel
- Aumentar amostragem do CEC e da Serra no que toca ao 13C

Aos gestores do programa de apicultura recomenda-se que:

- Feito o mapeamento das áreas com potencial apícola para um melhor ordenamento apícola no PNG.
- Intensificação de uma estratégia de mercado dos méis mono-florais no PNG.

Tabela 1. 1:Efeitos da polinização feita por abelhas em frutícolas

Espécies frutícolas	**Colmeias por hectare**	**Aumento de rendimento**
Nectarinas e pêssegos	Não se dispõe de dados	85%
Citrinos	1	40%
Líchia (*Litchi chinensis*)	Não se dispõe de dados	35%
Kiwi	3	60%

Tabela 1. 2:Lista de espécies associadas a cada um dos locais amostrados. Trepa = trepadeira; Arbu = arbusto; Herba = herbácea; Arvo = árvore; K= Kódzue; N= Nhamakaringa; Mazamba; CH= Chite; MZ = Murombodzi; CEC = Centro de Educação Comunitária

Família	Espécie	Origem						Floração	Crescimento
		K	N	M	CH	MZ	CEC		
Habitat		floresta meio densa; árvores altas	floresta/ miombo/trepadeiras com espinhos.	savana arbustiva com presença de algumas árvores.	floresta aberta; Cumbretum/acacia/ + machambas	floresta de montanha sempre verde	floresta de miombo		
Acanthaceae	*Thunbergia alata*			X		X		Dez-Jul	Erba
Araceae	*Gonatopus boivinii*		X					Nov-Dez	erba
	Aspilia mossambicensis	x	X	X	X	X		Out-Marc	arbu
	Aspilia mendoncae		X					Out-Marc	arbu
	Vernonia sp.	x						Out-Mai	erba
Asteraceae	*Ageratum conyzoides*	x						Our-Mai	erba
	Nidorella sp	x	X	X	X			Set-Marc	erba
Annonaceae	*Annona senegalensis*	x	X	X	X		x	Ago-dez	arv
	Holarrhena pubescens			X		X		Nov-Jan	arbu/arv
	Diplorhynchus condylocarpon	x	X	X			x	set-Dez	arbu/arv
	Securidaca longepedinculata		X					Set-Nov	arbu/arve
Apocynaceae									
Ebenaceae	*Diospyros loureiriana*		X					Out-Dez	arbu/arv
Asparagaceae	*Ledebouria sp*	x						primavera	erba
	Drimia atissima	x	X	X				Sep - Dec	erba
Capparaceae	*Capparis sp.*		X					Jul-Out	arbu
Comelinaceae	*Commelina bengalensis*	x	X	X	X	X	x	todo ano	erba
Convolvulaceae	*Ipomea sp.*	x		X				primavera	trep

Cumbertaceae	*Terminalia cericea*	x					x	Set-Jan	arv
Euphorbiaceae	*Acalipha sp.*	x					x	Nov-Marc	
	Acacia nilótica	x	X	X	X		x	set-abril	arv
	Albizia harveyi	x	X	X	X			Out-Nov	Arv
	Burkea africana	x	X				x	set-fev	arv
	Crotalaria capensis					X		primavera	arv
	Crotalaria monteiroi	x		X		X		primavera	Arv
	Dichrostachys cinera		X		X	X		Out-Jan	arv
	Elephantorrhiza elephantina	x		X		X		Set-Nov	arbu
	Milletia stuhmannii	x	X	X	X	X	x	Nov-Jan	Arv
	Philenoptera violacea	x	X	X	X			Set-Nov	arv
	Tamarindus indica		X					Nov-Marc	arv
Fabaceae	*Senna pitersiana*						x	Jan-Jun	Arv
	Vignia reticulata	x						Set-Nov	erba
	Entada abyssinica				X	X		Out-Dez	arv
Hypoxidaceae	*Hypoxis parvifólia*	x						Nov-Dez	erba
Kirkiaceae	*kirkia acuminata*	x					x	Out-Dez	arv
Malvaceae	*Hibiscus surattensis*						x	Marc-Mai	erba
	Sida acuta						x	Marc-Mai	erba
	Hibiscus diversifolius						x	Set-Abr	erba
Phyllanthaceae	*Antidesma venosum*					X		set-mar	arbusto
Lamiaceae	*Leucas milanjiana*	x	X	X	X		x		erba

Rubiaceae	*Gardenia trinifolia*	x			x	Set-Dez	arbu
	Vangueria infauste					Set-Noc	arv
	Coffea sp.			X		Nov-Dez	arbu
Orquideacea	*Eulophia clitellifera*			X		Set-Out	erba
	Eulophia cucullata			X		Out-Dez	erba
	Eulophia livingstniana			X		Out-Dez	erba
Verbenancea	*Lantana camara*			X		todo ano	arbu
Vitaceae	*Cissus quadringulares*		X		x	verao	trepa
	Cyphostemma congestum			x	x		trepa

Tabela 1. 3:. Frequência polínica de plantas nectaríferas em amostra de méis da zona tampão do PNG. M= Mazamba; V = Vundudze ; C = Centro de Educação Comunitária; K = Kódzue; CH = Chite; N = Nhamakaringa. 1 = distrito de Cheringoma; 2 = Serra da Gorongosa; 3

Proviniéncia	**M**	**V**	**CEC**	**CEC**	**CEC**	**CEC**	**K**	**K**	**V**	**N**	**N**	**K**	**V**	**CH**	**M**	**V**	**CH**	**K**	**CH**	**M**	**V**	**CH**	**N**	**N**
Região	1	2	3	3	3	3	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1
Cumbretum apiculatum	4.	.	.	.	29.6	.	.	.	.	8.5	2.7	.	.	.	.	.	96.3	82.6	26.6	55.9	15.9	2.5	.	.
Hibiscus surattensis	.	.	.	.	37.8	.	.	.	.	.	0.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tipo Asteracea	5.	1.3	4.4	5.4	5.4	3.4	4.9	4.6	6.1	14.2	41.7	.	6.1	3.2	4.	12.7	0.6	.	0.5	32.8	3.2	4.6	.5	12.8
Acacia sp.	73.	0.3	3.1	3.8	2.5	2.3	0.9	0.2	0.5	16.	27.8	16.6	.	1.4	8.2	.	1.	13.1	.	1.3	0.3	0.6	.	0.6
Julbernardia globiflora	.	.	3.1	31.	.	8.7	26.1	31.2	.	.	.	.	37.8	.	.	.	8.2	0.8	2.4	.	.	.	.	11.2
Sesamum indicum	.	.	9.	14.7	7.2	9.3	1.	5.5	0.9	21.2	.	.	4.7	7.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tipo Vernonia	.	.	.	1.4	2.5	1.3	1.3	1.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Hypoestes sp.	.	14.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ceiba sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.9	.	.	.	.	2.5	.9	1.3	3.6	5.2	6.5	.	.
Lannea schweinfurthii	.	.	.	.	2.6	5.	.	1.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	68.4	.
Justicia sp.	.	.	7.2	.	7.6	4.5	5.3	5.7	.	.	.	.	0.3	.	.	2.1	.	.	.	.	.	.	.	.
Triumfetta sp.	8.	24.3	.	.	.	.	.	49.	41.5	.	.	.	0.6	4.2	.	9.4	.	1.3	.	.	.	.	.	.
Cissus sp.	.	.	.	.	5.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Heliotropium sp.	.	.	32.9	.	.	31.1		.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6.2	7.6	.	.
Drimia sp.	.	.	.	8.5	.	5.9	4.1	.	3.9	.	.	.	.	4.1	.	7.	.5	.	.	.	.	.	.	.

Cassia afrofistula	.	.	.	.	.	.	.	.	.	37.1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Entada abyssinica	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Thunbergia alata	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Haumanistrum sp.	0.1	18.2	1.2	.	.	.	.	.	5.7	.	.	.	.	.	.	8.6	.	.	.	4.1	.	.	.	.
Eucalipto sp.	.	1.6	.	.	.	.	.	.	7.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Dracaena reflexa	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	74.5	.	36.2	.	58.8	.	.	.	.	42.2	59.5	12.8	75.3
Gardenia ternifolia	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.8	.	.	.	.	.	.
Ozoroa obovate	4.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Crotalaria sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	65.5	.	.	.	.	.
Leocaena leucocephala	.	.	34.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tipo Myrtacea	.	.	.	.	.	.	.	.	33.9	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.1	.	.	.	.
Gonatopus boivinii	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tipo Lamiacea	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	47.5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sida acuta	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Terminalia sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Tipo Anacardiacea	.	.	.	.	.	.	5.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	17.9	.	.	.	.	.	.	.
Elephantorrhiza elephantine	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3.4	.	.	.	.	.
Capparis sp.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.1	.	.	.	.	.
Indeterminado	53	21.9	4.2	27.3		38.8	42.1	1.7	.	3	6.7	8	.	0.6	.	1.4	.	0.5	0.1	.	.	.	.	.

Tabela 2. 1:Comparação da composição isotópicos nas zonas amostradas.

		Unidades	Regiões Geográficas		
			Serra	Cheringoma	CEC
Proteínas Mel	15N	‰	3.56 ab	2.84 b	3.825 a
	13C	‰	-25.57 a	-26.07 a	-25.575 ab
	N	%	1.62 b	2 ab	3.075 a
	C	%	35.86 a	35.86 a	33.775 b
	C/N		22.92 a	20.75 a	12.775 b
Mel	13C	‰	-26.02 a	-24.7857 a	-26.275 a
	C	%	29.86 a	30.64286 ab	31.825 a

a) **b)**

Figura 1. 1: Ilustração do processo de produção de colmeias na Reserva Nacional do Niassa [a) árvore em pé com casca cilíndrica removida; b) colmeia pendurada em uma árvore].

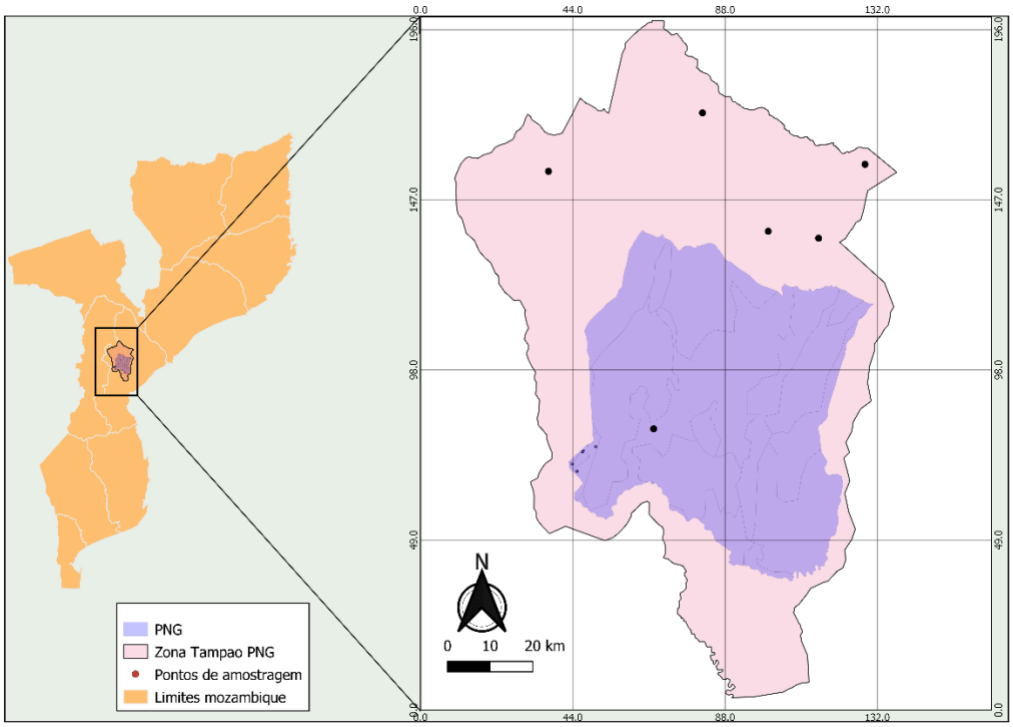


Figura 1. 2: Localização da área de estudo na província de Sofala (Moçambique).

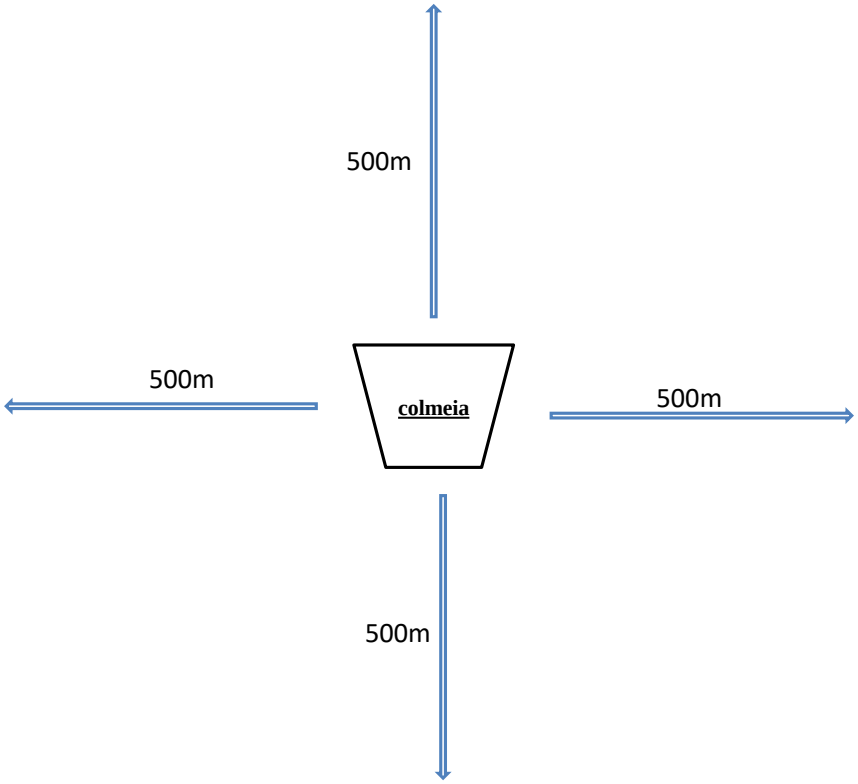


Figura 1. 3: Esquema representando a colocação do sentido dos transeptos percorridos na recolha das flores em cada colmeia.

Figura 1. 4: Amostra de mel em um tudo de Falcon de 50 mL pronta para conservação.

Figura 1. 5: Lâmina de referência contendo informação sobre a família, a espécie e a tipologia de grão de pólen de uma amostra de flor

Figura 1. 6: Lâmina microscópica com conteúdo polínico para contagem dos grãos de pólen no mel

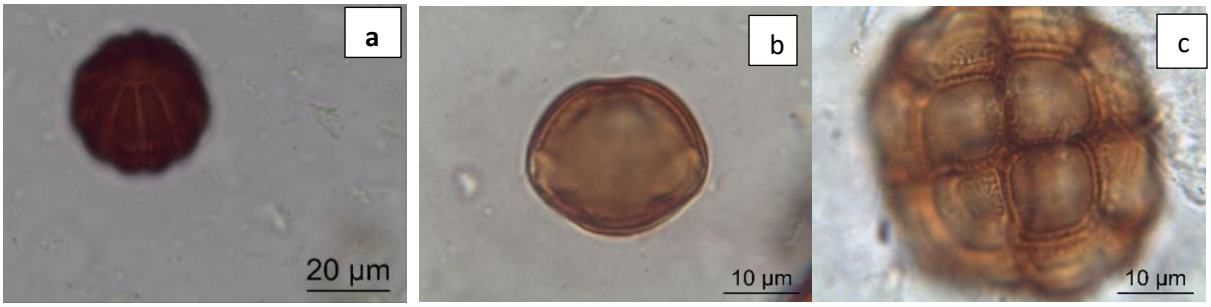


Figura 1. 7: Fotos microscópicas de grãos de pólen de espécies que compõem as lâminas de referência. (a) *Securidaca longependinculata*. (b) *Philenoptera violácea* (c) *Acacia nilótica*

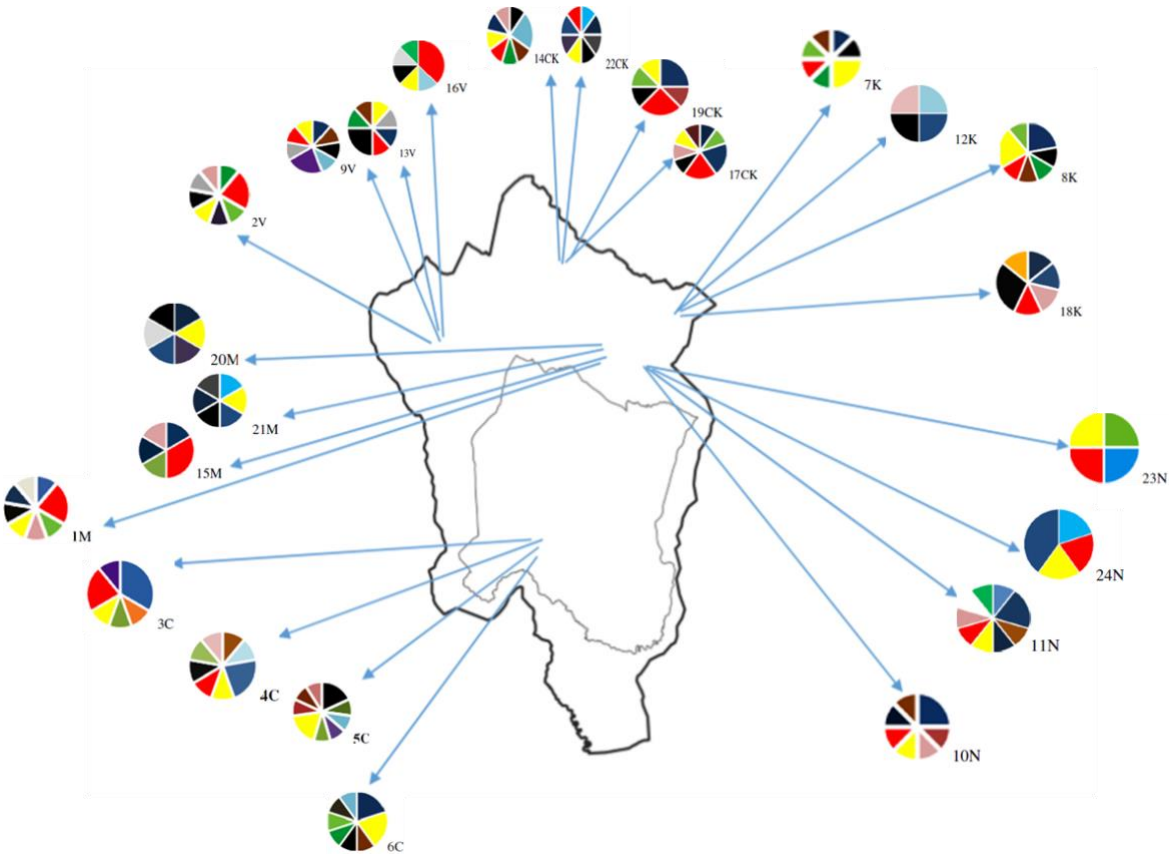


Figura 1. 8: Representação da diversidade polínica do mel da zona tampão do PNG. O gráfico ilustra a frequência de ocorrência do tipo polínico nas áreas amostradas. **Fabaceae** (*Acácia sp., Cassia afrofistula, Crotalaria sp. Elephantorrhiza elefantina; Entada abyssinica*; *Julbernardia globiflora, Leocaena leucocephala*). **Poaceae** (*Setaria sp., Zea mays*). **Acanthaceae** (Hypoestes sp., *Justicia* sp.); **Boraginaceae** (*Heliotropium* sp.); **Vitaceae** (*Cissus* sp.*)*. **Asteraceae** (*Vernonia* sp.). **Lamiaceae** (*Haumaniastrum sp*.). **Malvaceae** (*Ceiba* sp., *Hibiscus surattensis*, *Triumfetta sp*. *Sida acuta*). **Cyperaceae** (Cyperus sp.).**Cumbretaceae** (*Cumbretum apiculatum, Terminalia* sp.*)*. **Anacardiaceae** (*Lannea schweinfurthii*, Ozoroa sp.). **Myrtaceae** (*Eucalipto* sp.). **Asparagaceae** (*Drimia sp*., *Dracaena reflexa*). **Araceae** (*Gonatopus boivinii*). **Pedaliaceae** (*Sesamum indicum*). **Capparaceae** (*Caparis* sp.). Rubiaceae (*Gardenia trinfolha)*

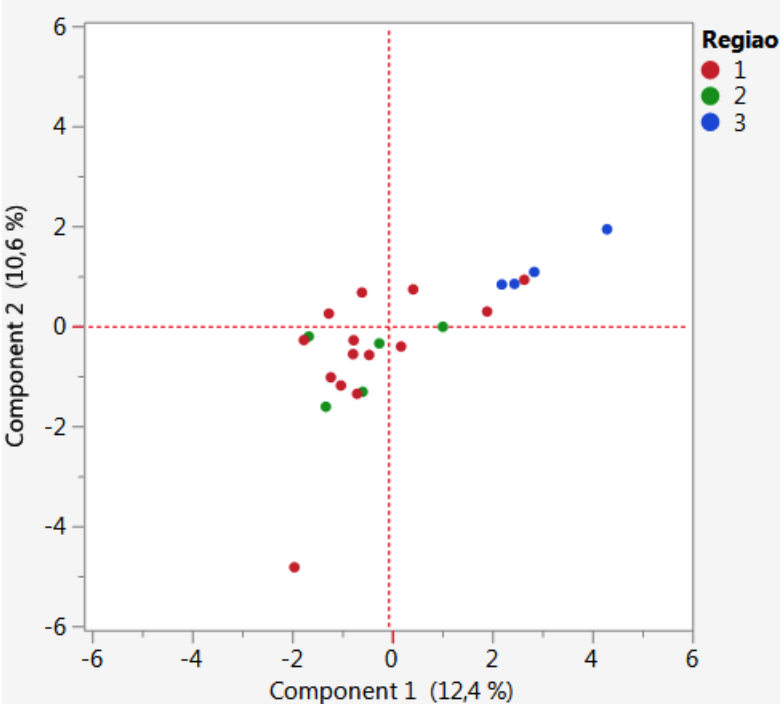


Figura 1. 9: Análise de componentes principais. Vermelho = Cheringoma. Verde = Serra da Gorongosa. Azul = miombo do CEC.

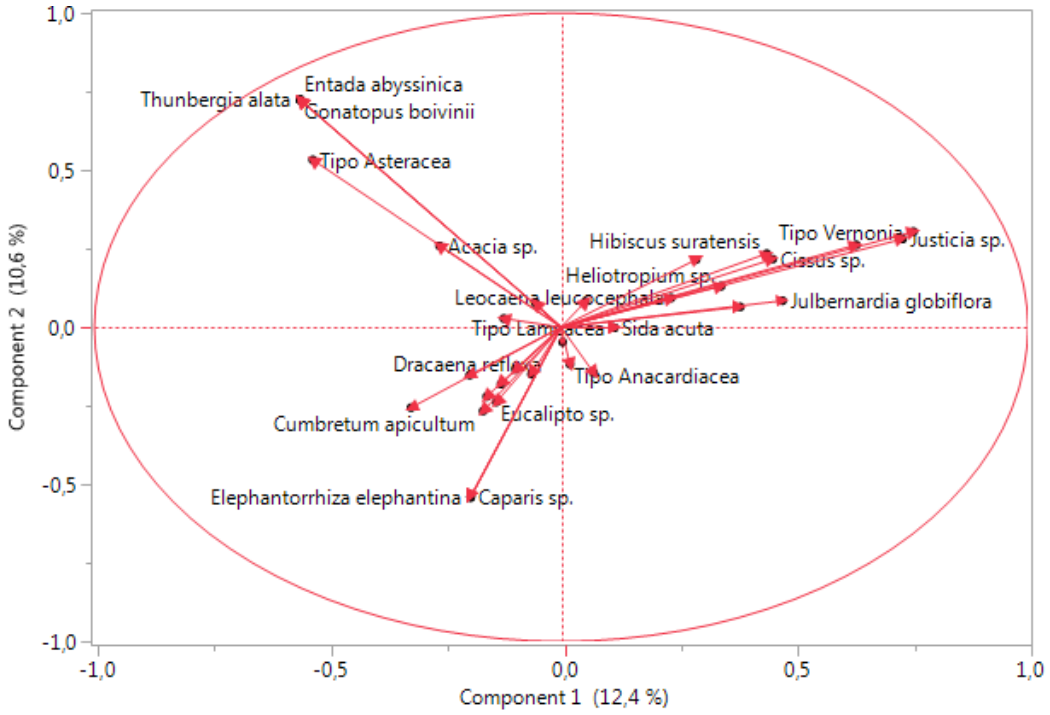


Figura 1. 10: Análise de componentes principais que discrimina o mel por tipos polínicos mais informativos.

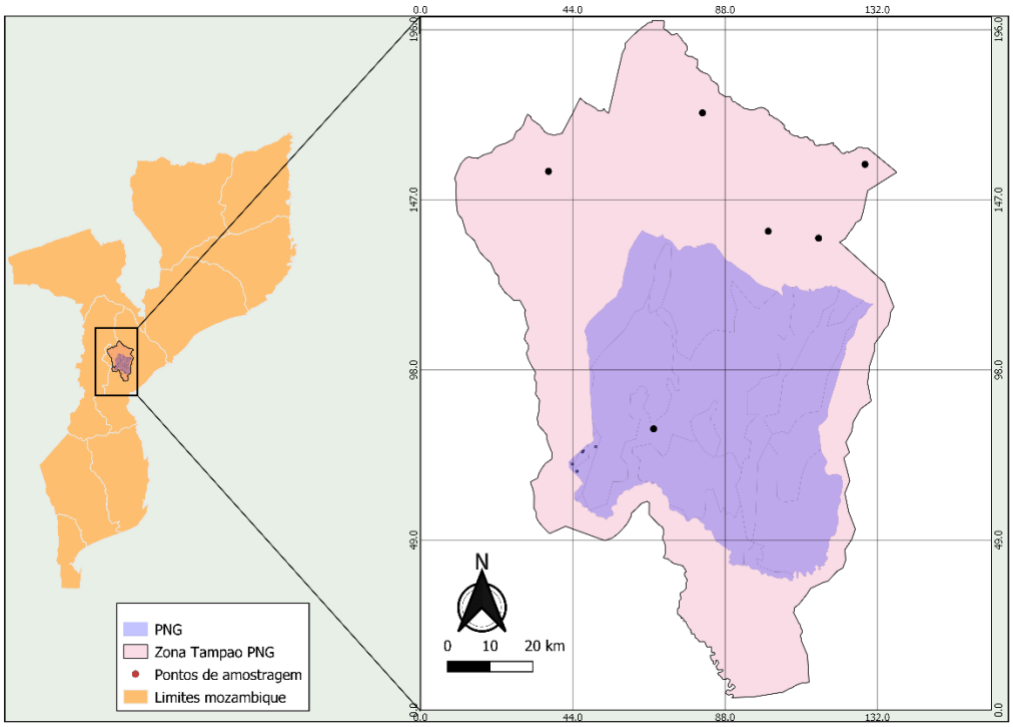


Figura 2. 1: Localização da área de estudo na província de Sofala (Moçambique).

Figura 2. 2: Amostra de mel em tudo de Falcon de 50 mL para conservação.

Figura 2. 3: Processo de pesagem de mel em capsulas de estanho.

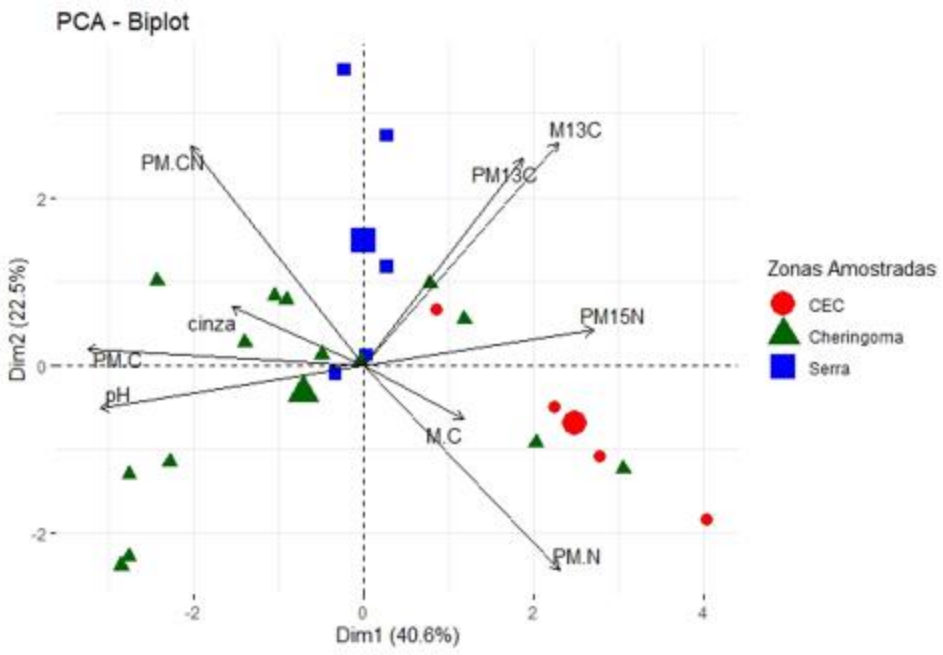


Figura 2. 4: PCA das características físico-químicas e isotópicas.. Os símbolos com o tamanho maior no gráfico representam as médias dos parâmetros analisados. PM.N= N da proteína de mel. M.C= carbono no mel. PM15N= 15N da proteína de mel. M13C= ^{13}C no mel. PM13C= ^{13}C na proteína do mel.PM.CN= rácio C/N da proteína. PM.C= C no mel.

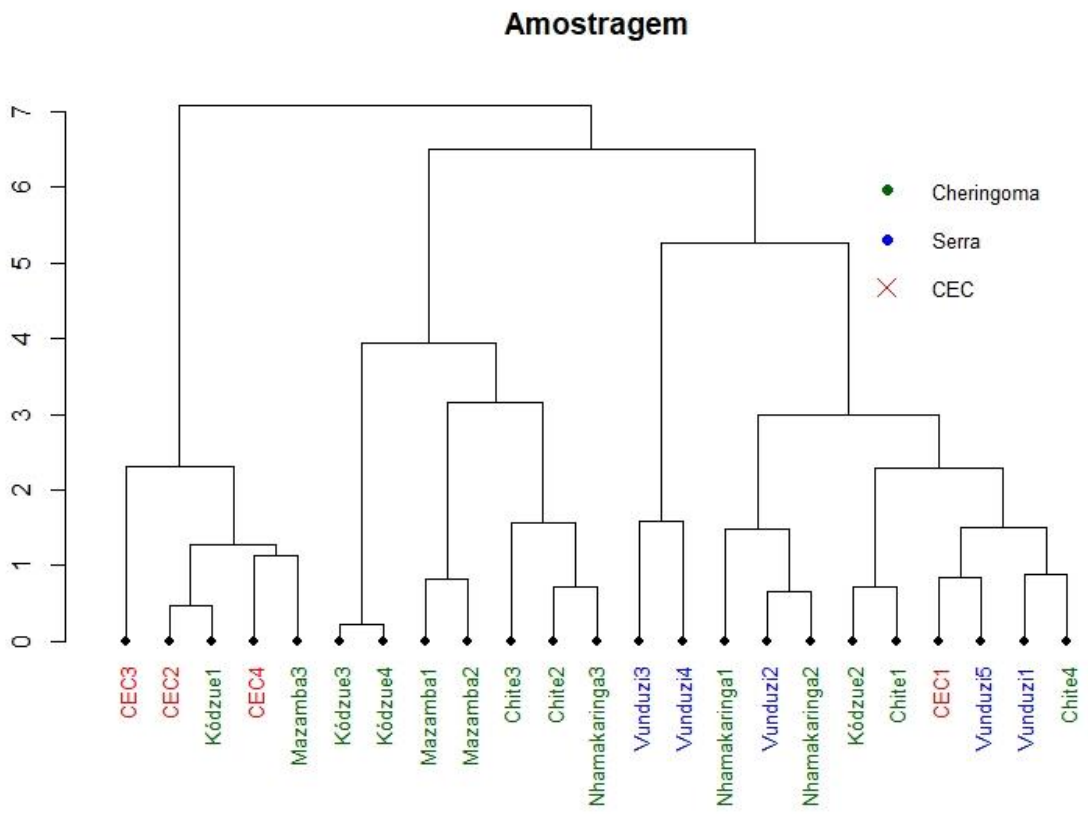
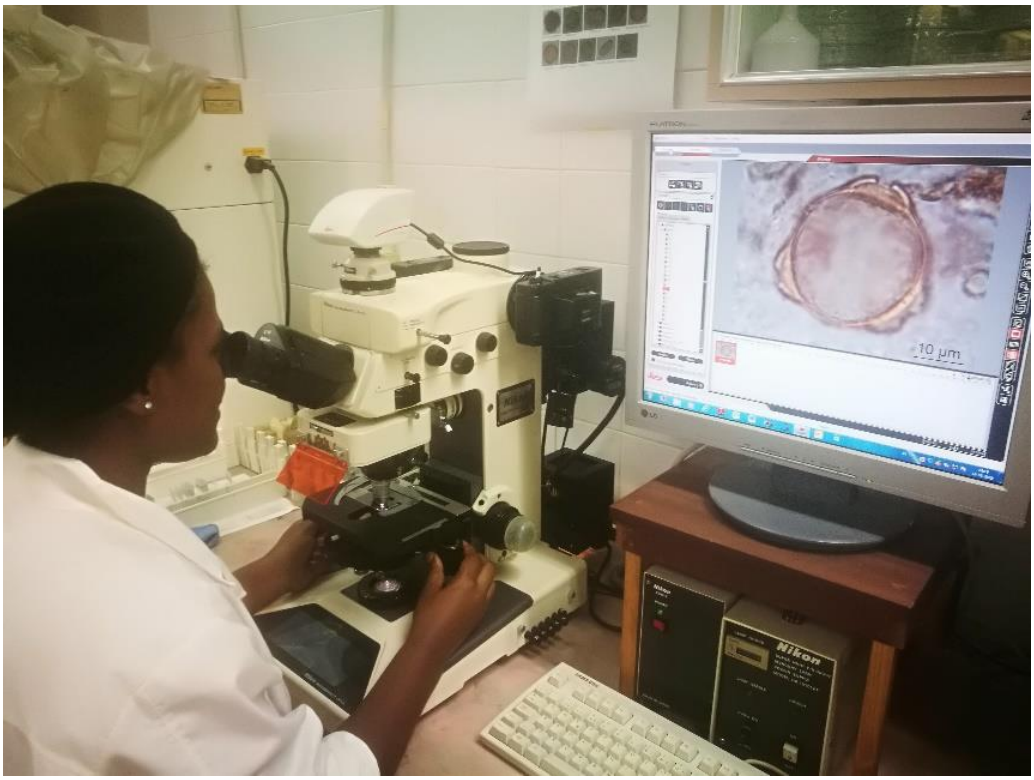


Figura 2. 5: Dendrograma com o agrupamento dos méis.

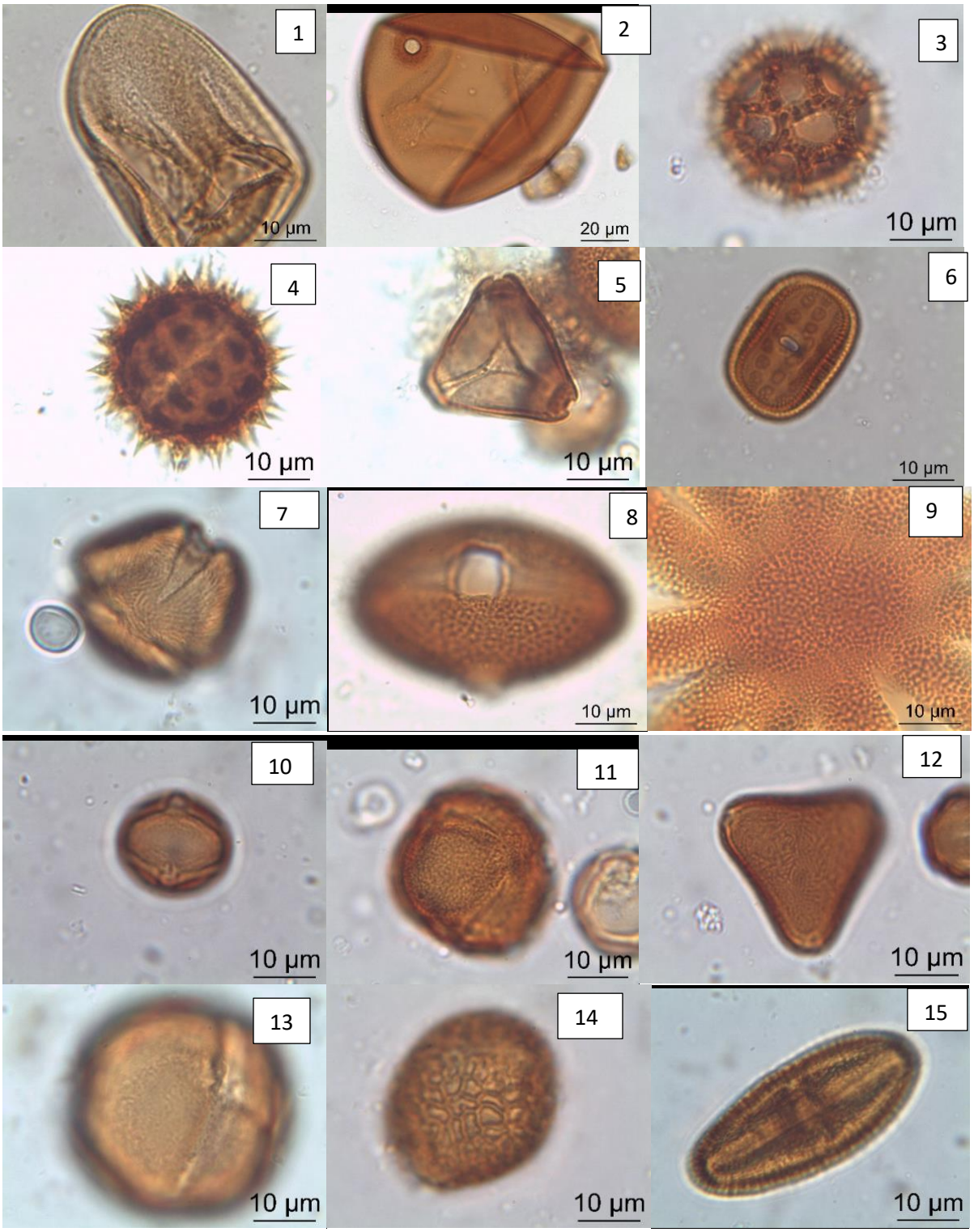
Anexo 3. 1: Colheita de amostras de mel

Anexo 3. 2: Apiário de Vundudze

Anexo 3. 3: Processo de montagem de lâminas microscópicas



Anexo 3. 4: Leitura de lâminas microscópicas



Anexo 3. 5: Imagens Microfotografias de grãos de pólen das amostras de mel. 1- *Cyperus* sp. 2- Tipo Asteracea 3-*Zea mays* 4- *Eucalyptus* sp. 5- Tipo Vernonia 6- *Justicia* sp. 7- *Lannea schweinfurthii* 8-*Triumfetta* sp. 9-*Sesamum indicum* 10-*Cumbretum apiculatum* 11- *Dracaena reflexa*

5.0. Referências bibliográficas

1. Abou-Shaara1, H. F., 2015. Potential Honey Bee plants of Egypt Cercetări Agronomice în Moldova Vol. XLVIII , No. 2 (162) /DOI: 10.1515/cerce-2015-0034
2. Adekanmbi, O., Ogundipe, O., 2009. Nectar Sources for the honey bee (Apis mellifera adansonii) revealed by pollen content. Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca 37(2):211-217.
3. Adeonipekun, P.A., 1989. A palynological study of an apiary in Ibadan, Nigeria. Departamento de botanica e microbiologia, Universidade de Ibadan, Nigéria, pp: 54
4. Administração Distrital de Gorongosa. 2006. Plano Estratégico Distrital de Desenvolvimento de Gorongosa. Província de Sofala. Moçambique.
5. Administração do Distrito de Cheringoma. 2005. Plano distrital de desenvolvimento. Província de Sofala. Moçambique.
6. Agera, A.I.N., 2011. Role of beekeeping in the conservation of forests. Global Journal of Agricultural Sciences vol 10, NO. 1, 2011: 27-32.
7. Akbulut, M., Ozcan, M. M., Coklar, H., 2009. Evaluation of antioxidant activity, phenolics, mineral contents and some physicochemical properties of several pine honeys collected from Western Anatolia. Intl J Food Sci Nutr 60(7):577–89.
8. Alberto, F. J. T., Roberto, I. E., 2017. Analisis quimico de mieles de mozambique. Universitat Politècnica De València Escola Tècnica Superior D'enginyeria Agronòmica I Del Medi Natural. Espanha. Tese de doutoramento.
9. Alcobia, J. J. F., 1995. Apicultura. Cooperativas de apicultores de Maputo. Nashua copy print. Johanesburg-SA. PP:15-98.
10. Almeida, D., Marchini, L. C., Sodré, S. G., Avila, M., 2003. Plantas visitadas por abelhas e polinização. Serie produtor rural. Edição especial. ISSN-1414-453.

11. Alves, A., Ramos, A., Gonçalves, M., Bernardo, M., Mendes, B., 2013. Antioxidant activity, quality parameters and mineral content of Portuguese monofloral honeys. Journal of food composition and analysis, 3 (2), 13–138.

12. Andrada, A. C. 2003. Flora utilizada por Apis mellifera L. en el sur del Caldenal (Pravincia Pitogeogriifica del Espinal), Argentina. Reu. Mus. Argentino Cienc. Nat., n.s. 5(2): 329-336,23 Buenos Aims, ISSN 1514-5158.

13. Anklam, E., 1998. A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey. Food Chemistry, 63: 549-562.

14. AOAC—Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 2012. 19ª ed. Arlington, USA..

15. Association of official analytical council- A.O.A.C., 1990. Official methods of Analysis. 15th. 2. ed.

16. ATAGO Co. Refractometer for honey. Bees, 1988;3:362/363:9-44

17. Ayansola, A. A., Davies, B. A., 2012. Honeybee Floral Resources in Southwestern Nigeria. Journal of Biology and Life Science. Vol. 3, No. 1. ISSN 2157-6076

18. Barth, O. M., 2005. Botanical resources used by *Apis mellifera* determined by pollen analysis of royal jelly in Minas Gerais, Brazil. Journal of Apicultural Research, v.44, n.2, pp.78-81. Brasil.

19. Berriel, V., 2018. Carbon Stable-Isotope and Physicochemical Data as a Possible Tool to Differentiate between Honey-Production Environments in Uruguay. Foods 2018, 7, 86

20. Bertoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M., Golob, T., 2007. Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. Food Chem. 105, 822-828.

21. Beverland, M.B., 2006. The real think: branding authenticity in the luxury wine trade. Journal of Business Research, 59(2), 251-258.

22. Bogdanov S, Jurendic T, Sieber R, Gallmann P., 2008. Honey for Nutrition and Health: A Review. Journal of the American College of Nutrition, 27: 677-689.

23. Bogdanov, S., Martin P., Lüllmann, C., 1997. Harmonised methods of the European Honey Commission. Apidologie.;28:1–59.

24. Bontempo, L., Camin, F., Ziller, L., Perini, M., Nicolini, G., Larcher, R., 2017. Isotopic and elemental composition of selected types of Italian honey. Measurement. 98, 283e289.

25. Borsato, D. M., Vargas, T., Koop, L., Farago, P. V., Almeida, M. M. 2010. Physicochemical quality control of bee honeys from Campos Gerais region of Paraná. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos. 28:205–212. Brazil. DOI: 10.5380/cep.v28i2.20402.

26. Brodschneider, R., Crailsheim, K., 2001. Nutrition and health in honey bees. Apidologie, Springer Verlag

27. Burrows, J. E., Burrows, S. M., Lötter, M. C., Schmidt, E., 2018. Trees and Shrubs Mozambique Publishing Print Matters (Pty), Cape Town. Page 59.

28. Bush, B., 2001. A market assessment of the honey industry in Sofala province. ADEL-Sofala Agência de Desenvolvimento Económico Local de Sofala.

29. Campbell, B., 1996. The miombo in transition: woodlands and welfare in Africa. Center for International Forestry Research (CIFOR), Bogor, Indonesia. Pp 18

30. Campos, M. G. R., 1987. Contribuição para o estudo do mel, pólen, geleia real e própolis. Boletim da Faculdade de Farmácia de Coimbra. 11:17–47.

31. Caravela, M. I., 2016. Caracterização Palinológica e Físico-química de Méis da Serra do Buçaco. Tese de mestrado.

32. Carvalho, A. P. A., 2016. Caracterização físico-química e polínica de méis da Beira Alta: contribuição para a sua valorização. Instituto Superior de Viseu. Portugal.

33. Chanthayod, S., Zhang, W., Chen, J., 2017. People's Perceptions of the Benefits of Natural beekeeping and its Positive Outcomes for Forest Conservation: A Case Study in Northern Lao PDR. Tropical Conservation Science. Volume 1: 1–11.

34. Clauss, B., 1992. Bees and beekeeping in the north western province of Zambia. Mission Press. Ndola. Zambia.

35. Coleman, C. J., 1997. Pollination techniques for seed and fruit in Zimbabwe, central Africa. Honey processors Ltd. Chisipite. Harare. Zimbabwe.

36. Correia, F. C. da S., Francisco, R. da S., Peruquetti, R. C., 2017. Palinologia e a interacção planta-abelha: revisão de literatura. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 2, n. 4, p. 247-251.

37. Crane, E. O livro do mel. 2ª edição. São Paulo: Nobel, 1985. Pp: 226

38. D'Silva, G. A. F., 2015. Aplicação de SIG para ordenamento apícola na região de Castelo Branco. Instituto Politécnico de Castelo Branco. Escola superior Agraria. Tese de mestrado.

39. Damto, T., (sd). A review of adulteration honey properties. Holeta bee Research Center.

40. Dawson, T.E., Mambelli, S., Plamboek, A.H., Templer, P.H., Tu, K.P., 2002. Stable isotopes in plant ecology.

41. Directiva 21/11/CE. 2001. Critérios de composição dos méis. Jornal oficial das comunidades europeias. 1, PP. 47–52.

42. Dongock, N. D., Tchoumboue, J., Youmbi, E., Zapfack, L., Mapongmentsem, P.M. and Tchuenguem Fohouo, F.-N. 2011. Predominant Melliferous Plants of the Western Sudano Guinean Zone of Cameroon. African Journal of Environmental Science and Technology, 5, 443-447.

43. Drivelos, S.A., Georgiou, C.A., 2012. Multi-element and multi-isotope-ratio analysis to determine the geographical origin of foods in the European Union. TrAC - Trends in Analytical Chemistry, 40: p. 38-51.

44. Dukku, U., 2013. Identification of plants visited by the honeybee, Apis mellifera L. in the Sudan Savanna zone of northeastern Nigeria. DOI: 10.5897/AJPS2013.1035

45. Ebenezer, I. O., Olugbenga, M. T., 2010. Pollen characterisation of honey samples from North Centreal Nigeria. Jornal of Biological Sciences 10 (1):43-47

46. Endalamaw, T. B., 2005. Dynamics in the management of honey production in the forest environment in South West Ethiopia. MSc Thesis. Wageningen University.

47. Erdtman, G., 1971. Pollen morphology and plant taxonomy. Hafner publishing company. New York. PP:13.

48. Erejuwa, O. O., Sulaiman, S. A., Ab Wahab, M. S., 2012. Honey: a novel antioxidant. Molecules 17(4):4400–23.

49. Evangelista-Rodrigues, A., Silva, E. M. S. da; Bezerra, E. M. F., 2003.Análises físico-químicas de méis de abelhas Apis mellifera e Melipona scutellaris. Disponível em: http//www.agroline.com.br/agrociencia/pdf. Acesso:

50. External Market Task Force -EMTF. 2004. Annex 6 to the study on the export marketing prospects of six selected Mozambican commodities for the South African market: report on honey. External Market Study No. 3 (6). Mozambique.

51. FAO. 2001. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Revised codex standard for honey (No. CODEX STAN 12–1981). Available from: www.fao.org/input/download/standards/310/cxs_012e.pdf. Accessed 2017 February 12.

52. FAO. 2007. Crops, browse and pollinators in Africa: an initial stock taking. Rome.

53. Finola, M. S., Lasagno, M. C., Marioli, J. M. 2007. Microbiological and chemical characterization of honeys from Central Argentina. Food Chemistry. DOI: 10.1016/j. foodchem.2005.12.046

54. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)., 2001. The Global Forest Resources Assessment. Roma. Itália.

55. Food and Drink Federation – FDF. Food authenticity: five steps to help protect your business from food fraud.

56. François, A. E., Tossou, M. G., Paraiso, A. A., Sina, H., 2017. Pollen Analysis of the Honeys samples produced in the three phytogeographical zones of Benin. European scientific Journal. DOI: 1.1944/esj.217. v13n18p528

57. Frans, T., Sias, G., Itzhak, G., 2001. The antifungal action of three South African honeys on Candida albicans. Apidologie 32(4):371–9.

58. Free, J.B. A., 1970. Organização Social das Abelhas Apis. São Paulo, EPU-Edusp, p.79.

59. Freitas, S. A., Luz, C. F. P., Barth, O. M., 2001. Análise polínica comparativa e origem botânica de amostras de mel de Meliponinae (Himenoptera, Apidae) do Brasil e da Venezuela. ResearchGate.

60. Garbaras, A., Skipitytè, R., Sapolaitè, J., Ezerinskis, Z., Remeikis, V., 2019. Seasonal variation in stable isotope ration of Cow in milk in Vilnius Region, Lithuania. Center for Physical Sciences and Technology, LT-10257 Vilnius, Lithuania. MDPI. Animals.

61. Gikungu, M., 2006. Bee diversity and some aspects of their ecological interactions with plants in a successional tropical community. PhD thesis. Bonn University, Germany.

62. Gomes, S., Dias, L. G., Moreira, L. L., Rodrigues, P., Estevinho, L., 2010. Physicochemical, microbiological and antimicrobial properties of commercial honeys from Portugal. Food Chem Toxicol 48(2):544–8.

63. Gonzalez-Miret,M.L., Terrab, A., Hernanz, D., Fernandez-Recamales, M. A., Heredia, F. J. 2015. Multivariate correlation between color and mineral composition of honeys and by their botanical origin. J. Agric. Food Chem. 53, 2574-2580.

64. Guler, A., Kocaokutgen, H., Garipoglu, A. V., Onder, H., Ekinci, D., Biyik, S., 2014. Detection of adulterated honey produced by honeybee (Apis mellifera L.) colonies fed with different levels of commercial industrial sugar (C3 and C4 plants) syrups by the carbon isotope ratio analysis. Food Chemistry, 155, 155–160.

65. Hausser, Y., Mpuya, P., 2004. Beekeeping in Tanzania: When the bees get out of the woods. An innovative cross-sectoral approach to community based natural resource management. Game and Wildlife. Science 21(3):291–312.

66. Hepburn, H. R, Radloff, S. E., 1998. Honeybees of Africa. Springer-Verlag, Berlin Hedelberg. pp. 370 em Identification of plants visited by the honeybee, Apis mellifera L. in the Sudan Savanna zone of northeastern Nigeria por Dukku, 2013

67. . Hilmi, M., Bradbear, N., Mejia, D., 2011. Beekeeping and sustainable livelihoods. Rural Infrastructure and Agro-Industries Division Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO. Rome

68. http://www.fao.org/3/i842e/i842e8.pdf visitado em 27/9/219

69. http://www.fao.org/docrep/3/x6693e/x6693e2.htm acesado em 6/1/218

70. http://www.fdf.org.uk/corporate_pubs/Food-Authenticity-guide-2014.pdf

71. https://mw.one.un.org/promoting-natural-forest-conservation-through-beekeeping-in-tukombo-kande-landscape-in-northern-malawi/ acessado em 16 de 7mbro de 219

72. https://mw.one.un.org/promoting-natural-forest-conservation-through-beekeeping-in-tukombo-kande-landscape-in-northern-malawi/ acessado em 16 de setembro de 219

73. https://www.sanbi.org/wp-content/uploads/218/5/plants-important-south-african-beekeepers-honey-bee-forage-updated-19-11.pdf visitado em 27/9/219

74. Imperatriz, F. V. L., Kleinert, G. A., Carvalho, M., Ramalho, M. 1984. Hábitos de coleta de Tetragonisca angustula angustula Latreille (Apidae: Meliponinae). Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo, v.8, pp.115-131.

75. Instituto Nacional de Estatística – INE. 2017. Anuário Estatístico. Província de Sofala: 2017.

76. Japan Association for International Collaboration of Agriculture and Forestry – JAICAF. 2009. Development of Beekeeping in Developing Countries and Practical Procedures – Case Study in Africa –.

77. Johannsmeier, M. F., 2016. Bee plants of South Africa: Sources of nectar, pollen, honeydew and propolis for honeybees. South African National Biodiversity Institute. Pretoria. South Africa.

78. Jones, G. D., Bryant, V. M., 2014. Pollen Studies of East Texas Honey. AASP: The Palynological Society. BioOne

79. Kalonga, S. K., Midtgaard, F., Klanderud, K., 2016. Forest certification as a policy option in conserving biodiversity: an empirical study of forest management in Tanzania. For Ecol Manag 361:1–12.

80. Khabbach, A., Libiad, M., Ennbili, A., 2013. Melliferous flora and apiculture in the pre-rif of the province of taza (north of morocco). Luna Azul ISSN 1909-2474

81. Kihwele, D.V.N., Chiguru, S.K., Naasi, E.M., 1999. Participatory Rural Appraisal in establishing the beekeeping development project in 15 villages of five selected districts: Kibondo, Tabora, Manyoni, Kondoa and Handeni. MNRT, Dar es Salaam, Tanzania.

82. Kipainoi, S. M., 2013. Diversification of livelihood strategies among Isiria maasai of lolgorien ward, Narok county, Kenya. Unpublished: Kenyatta University.

83. Köppler, K., Vorwohl, G., Koeniger, N., 2007. Comparison of pollen spectra collected by four different subspecies of the honey bee Apis mellifera. Apidologie 38:341-353.

84. Kropf, U., Golob, T., Necemer, M., Kump, P., Korosec, M., Bertoncelj, J., Ogrinc, N., 2010. Carbon and Nitrogen Natural Stable Isotopes in Slovene Honey: Adulteration and Botanical and Geographical Aspects. J. Agric. Food Chem. 2010, 58, 12794–12803. DOI:10.1021/jf102940s

85. Lalika, M. C. S., Machangu, J. S., 2008. Beekeeping for income generation and coastal forest conservation in Tanzania. Bees for Development Journal 88. Bees for Development, Monmouth.UK. pp 4–6.

86. Lietaer, C., 2009. Impact of beekeeping on forest conservation, preservation of forest ecosystems and poverty reduction. Universita degli Studie Roma 3, Italy.

87. Loader, N.J., Robertson, I., McCarroll, D., 2003. Comparison of stable carbon isotope ratios in the whole wood, cellulose and lignin of oak tree-rings. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. 196, 395–407

88. Lobreau-Callen, D. and Damblon, F. 1994. Spectre pollinique des miels de l'Abeille Apis mellifera L. (Hymenoptera, Apidae) et zone de végétation en Afrique occidentale tropicale et méditerranéenne. Grana, 33, 245-253. http://dx.doi.org/10.1080/00173139409429006

89. Loken, A., 1981. Flower-Visiting Insects and their Importance as Pollinators. Bee World. 62:4, 13-14. DOI: 1.18/5772X.1981.1197837.

90. Louveaux, J., Maurizio, A., Vorwohl, G., 1978. Methods of Melissopalynology, Bee World, 59:4, 139-157, DOI: 1.18/5772X.1978.1197714

91. Lowore, J. 1993. Problems with management of natural forests in Malawi. *In*: Piearce, G.D. and Gumbo, D.J., (ed.) The ecology and management of indigenous forests in Southern Africa, 45-47. Zimbabwe Forestry Commission and SAREC, Harare.

92. Lurlina, M.O., Fritz, R., 2005. Characterization of microorganisms in Argentinean honeys from different sources. International Journal of Food Microbiology, 105, 297- 304.

93. Luz, C. F. P., Thomé, M. L., Barth, O. M., 2007. Recursos tróficos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) na região de Morro Azul do Tinguá, Estado do Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Botânica 3(1): PP.29-36.

94. Marc, N., 2014. Feasibility study on the value of honey bees for sustainable livelihood and biodiversity conservation: Case of Nyungwe landscape. Birdlife international

95. Marchini, L. C., Sodré, G. S., Moreti, A. C. C. C., 2004. Mel brasileiro: composição e normas. Ribeirão Preto: A. S. Pinto, pp:111.

96. Marques, L. J. P., Muniz, F. H., Lopes, G. S., Silva, J. M., 2011. Levantamento da fl ora apícola em Santa Luzia do Paruá, Sudoeste da Amazônia, Maranhão. Acta Botanica Brasilica 25(1): 141-149.

97. Marzoli, A., 2008. Avaliação Integrada das Florestas de Moçambique, I Quaderni della Cooperazione Italiana. Estética gráfica e publicidade. Maputo.

98. Mathew, C., Pride, M., Liberty, C., 214. Threats to the African Bees and Beekeeping in Zimbabwe. Technical paper presented at the AFRICA API EXPO 214, 6-11 OCTOBER. HICC. Harare. Zimbabwe.

99. Maundu, P., Tengnas, B. 2005. Useful Trees and Shrubs for Kenya. World Agroforestry Centre. Nairobi. Kenya.

100. Maurizio, A., Hodges, F. E. D., 1951. Pollen Analysis of Honey. Bee word. 32:1.1-5. DOI: 1.18/5772X.1951.119466.

101. Mbah C. E, Amao A. O., 2009. Natural foods and feeding habits of the African honey bee Apis mellifera adansonii Latrielle (1804) in Zaria, Northern Nigeria. Sci. World J. 4(1):11-14.

102. Melo, Z. F. N., Duarte, M. E. M, Mata, M. E. R., 2003. Estudo das alterações do hidroximetilfurfural e da atividade diastásica em méis de abelha em diferentes condições de armazenamento. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, 5 (1), PP. 89-99.

103. Ministério da Administração Estatal – MAE., 2011. Relatório do seminário de troca de experiência sobre desenvolvimento da apicultura e mercado de mel. Maputo.

104. Ministério da Administração Estatal-MAE. 2014. Perfil de Desenvolvimento do Distrito de Gorongosa Província de Sofala.

105. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. Instrução Normativa Nº 11/2000 – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (Brasil): Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 23 jan. 2001. Seção 1, p. 18-23.

106. Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental – MICOA. 2012. Projecto de avaliação ambiental estratégica da zona costeira – Moçambique; Perfil ambiental e mapeamento do uso actual da terra nos distritos da zona costeira de moçambique. IMPACTO. Província de Sofala. Moçambique.

107. Mungói, E. M. F. Z., 2008. Físico-química y evaluación sanitaria de la miel de mozambique. Bellatera (Cerdanyola Del Vallès). Tese (doutoramento). Universiadde Autonoma de Barcelona, Departament de Ciència Animal i dels Aliments Facultat de Veterinària.

108. Muradian, R., Rival, L., 2013. Governing the provision of ecosystem services. Studies in ecological economics, vol 4. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp 35–32.

109. Nelson, F., Sandbrook, C., Row, D., 2009. Community management of natural resources in Africa: Impacts, experiences, and future directions. IIED.

110. Nguemo, D. D., Mapongmetsem, P. M., Abdoulaye M., 2016. Plants Foraged by Apis mellifera adansonii Latreille in Southern Chad. Open Access Library Journal, 3: e2831. http://dx.doi.org/10.4236/oalib.1102831.

111. Onyango, P., 2019. Melissopalynological determination of the Pollen density, Botanical origin and Ogiek Honey types in Eastern Mau Forest- Kenya. International Journal of Advances in Scientific Research and Engineering (ijasre). Volume 5, Issue 7.

112. Pereira, F.M.; Lopes, M.T.R.; Camargo, R.C.R.; Vilela, S.L.O. 2003. Produção de mel. Embrapa Meio Norte, sistemas de produção, 3, Versão eletrônica, jul 2003. Disponível em: <http:// sistemasdeprodução.cnptia.embrapa.br/Fontes/Mel/índex.htm.2002>. Acesso em: 30 nov. 2019.

113. Perez, R. G., 2003. Estudio palinológico y colorimétrico de mieles monoflorales de la Región de Murcia. Tese (doutoramento). Escuela técnica superior de ingeniería agronómica. Universidad politécnica de Cartagena.

114. Perez, R. G., 2003. Estudio palinológico y colorimétrico de mieles monoflorales de la Región de Murcia. Tese (doutoramento). Escuela técnica superior de ingeniería agronómica. Universidad politécnica de Cartagena.

115. Persano-Oddo L, Piro R., 2004. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. Apidologie. 35:S38–S81. DOI: 10.1051/apido:2004049

116. Peters, C. M., Gentry, A., Mendelsohn, R., 1989. Valuation of a tropical forest in Peruvian Amazonia. Nature 339:655–657.

117. Peterson, R.A., 2005. Search of authenticity. Journal of Management Studies, 42(5), 1083-1098.

118. Pigozzo, C. M, Viana, B. F., 2001. Estrutura da rede de interações entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. Oecologia Australis, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p.1-114.

119. Pigozzo, C. M, Viana, B. F., 21. Estrutura da rede de interacções entre flores e abelhas em ambiente de caatinga. Oecologia Australis, Rio de Janeiro, v.14, n.1, p.1-114.

120. Ponnuchamy R, Bonhomme V, Prasad S, Das L, Patel P., 2014. Honey Pollen: Using Melissopalynology to Understand Foraging Preferences of Bees in Tropical South India. PLoS ONE 9(7): e101618. doi:10.1371/journal.pone.0101618

121. Radbea, N., 2009. Bees and their role in forest livelihoods. A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products.FAO. Roma

122. Ramanujam, C. G. K., Kalpana, T. P., 1992. Tamarindus indica L.: An important forage plant for Apis florea in south central India. Apidologie 23:401-413.

123. Rašić, S., Štefanić, E., Antunović, S., Jović, J., Kristek, S., 2018. Pollen analysis of honey from North East Croatia. ISSN: 1848-88.DOI:1.1847/poljo.24.2.6.

124. Ribeiro, N. S., Snook, L. K., Vaz, I. C. N. C., 2019. Gathering honey from wild and traditional hives in the Miombo woodlands of the Niassa National Reserve, Mozambique: What are the impacts on tree populations? Global Ecology and Conservation. Elsevier.

125. Robinson, D. 2001. Delta N-15 as an integrator of the nitrogen cycle. Trends Ecol. Evol. 16, 153–162

126. Ruijten, M., 2009. The Mozambique honey company pure honey from a fair business. Agriculture / NTFP – honey and beeswax Mozambique.

127. Ruttner, F., Kauhausen. 1984. Honeybees of tropical Africa: Ecological Diversification and isolation. Proc. 3 International Conference on Apiculture in 16 Tropical Climates. Pp 45-51.

128. Salgado-Labouriau, M. L., 1973. Contribuição à palinologia dos cerrados. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências. PP:291.

129. Samira, N., 2013. Pollen spectra of honeys produced in Algeria. African journal of Agricultural. DOI: 10.5897/AJAR2012.6655

130. Schellenberg, A., Chmielus, S., Schlicht, C., Camin, F., Perini, M., Bontempo, L., Heinrich, K., Kelly, S.D., Rossmann, A., Thomas, F., 2010. Multielement stable isotope ratios (H, C, N, S) of honey from different European regions. Food Chem. 121, 770–777.

131. Seemann, P., Neira, M., 1988. Tecnología de la producción apícola [Poultry production technology in Spanish]. Valdivia: Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias Empaste. 202p.

132. Simsek, A., Bilsel, M., Goren, A. C. 2012. 13C/12C pattern of honey from Turkey and determination of adulteration in commercially available honey samples using EAIRMS. Food Chemistry, 130(4), 1115–1121. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.017.

133. Sodré, G, S., MarchiniI, L. C., Moreti, A. C. C. C., Otsuk, P. O., Carvalho, C. A. L. 2007. Caracterização físico-química de amostras de méis de Apis mellifera L. (Hymenoptera: Apidae) do Estado do Ceará. Ciência Rural, Santa Maria, v.37, n.4, p.1139-1144. ISSN 0103-8478

134. Sodre, G. S., 2005. Caracterização físico-química, microbiológica e polínica de amostras de méis de Apis melindra L, 1758 (Hymenoptera: Apidea) dos estados do Ceará e do Piauí. Brasil.

135. Souza, D.C.; Bazlen, K., 1998. Análises preliminares de características físico-químicas de méis de Tiúba (Melipona compressipes) do Piauí. In: XII Congresso Brasileiro de Apicultura, Salvador, BA, p. 267.

136. Stalmans, M., Beilfuss, R., 2008. Landscapes of the Gorongosa National Park. Parque Nacional da Gorongosa.

137. Stone, G. N., Raine, N. E., M. Prescott, P. G.Willmer., 2003. Pollination ecology of acacias Fabaceae, Mimosoideae. Australian Systematic Botany. vol. 16, no. 1, pp. 13–118.

138. Teklay, A., 2011. Seasonal Availability of common bee flora in relation to land use and colony performance in Gergera Watershed, Atsbi Wembwrta District, Eastern Zone of Tigray, Ethiopia. M.Sc. Thesis, Hawassa University, Wondo Genet College of Forestry and Natural Resources, Wondo Genet, Ethiopia.

139. Terrab, A., Valdés, B., Díez, M. J., 2003. Pollen analysis of honeys from the Mamora forest region (NW Morocco), Grana, 42:1, 47-54, DOI: 10.1080/00173130310008580

140. Timmer, V., Juma, C., 2005. Taking root: Biodiversity conservation and poverty reduction come together in the tropics. Environ: Sci Policy Sustain Dev 4(47):24–44.

141. Total Transformation Agribusiness- TTA (PTY) LTD. (Sd.). African's Renewal. Situation analysis of the Beekeeping Industry in Botswana, Lesotho, Malawi, Mozambique, South Africa, Swaziland, Zambia and Zimbabwe.

142. Trovão, D. B, Souza, B. C, Carvalho, E. C. D, Oliveira, P. T. B, Ferreira, L. M. R., 2009. Espécies vegetais da caatinga associadas às comunidades de abelhas (Hymenoptera: Apoidea: Apiformis). Revista Caatinga, v.22, n.3, p.136-143.

143. Truppel, M. M., 2004. Apicultura. Universidade Tuiuti do Paraná. Tese de mestrado.

144. Vergeron P. H., 1964. Interprétation statistique des résultants en matiére d´analyse pollinique des mieles. Ann. Abeille. 7 (4): 349-364.

145. Vidal, R., Fregosi, E. V., 1984. Mel: características, análises físico-químicas, adulterações transformações. Instituto Tecnológico Científico "Roberto Rios". pp. 95.

146. Villanueva, G. R., 2002. Polliniferous plants and foraging strategles ff Apis mellifera (Hymenoptera: Apidae) in the Yucatán Peninsula, Mexico. Revista de Biologia Tropical, v.5, n.3-4, pp.135-144.

147. Von, D. O. W., Oddo, L. P., Piana, M. L., Marlot, M., Martin, P., 2004. Harmonized methods of melissopalynology. Apidologie, 35(1): 18-25.

148. Wang, Shaoqing., Guo, Qilei., Wang, Linlin., Lin, Li., Shi, Hailiang., Cao, Hong., et al. 2015. Detection of honey adulteration with starch syrup by high performance liquid chromatography. Food Chemistry, 172, 669–674

149. Warui, M. W., Hansted, L., Gikungu, M., Mburu, J., 2019. Characterization of Kenyan Honeys Based on Their Physicochemical Properties, Botanical and Geographical Origin. International Journal of Food Science. Volume 219, Article ID 293259.

150. Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M., Ollerton, J., 1996. Generalization in pollination systems, and why it matters. Ecology, vol. 77, no. 4, pp. 143–16.

151. West, J. B., Bowen, G. J., Cerling, T. E., Ehleringer, J. R. 2006. Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. Trends in Ecology and Evolution, 21, 408–414.

152. West, J. B., Ehleringer, J. R., Cerling, T. E. 2007. Geography and vintage predicted by a novel GIS model of wine δ ^{18}O. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55, 7075–7083.

153. White, J. W. 1992. Internal standard stable carbon isotope ratio method for determination of C-4 plant sugars in honey: collaborative study, and evaluation of improved protein preparation procedure. J. AOAC Int. 75, 543-548.

154. White, J. W., Doner, L.W. 1978. The ^{13}C/^{12}C ratio in honey. J. Apic. Res.17, 94-99.

155. White, J. W.; Winters, K. 1989. Honey protein as internal standard for stable carbon isotope ratio detection of adulteration of honey. J. AOAC Int., 72, 907-911.

156. Luykx, D. M. A. M., Van Ruth, S. M., 2008. An overview of analytical methods for determining the geographical origin of food products. Food Chemistry, 107(2), 897–911. doi:10.1016/j.foodchem.2007.09.038

157. Luo, D., Luo, H., Dong, H., Xian, Y., Guo, X.,Wuo, Y., 2015. Hydrogen (2H/1H) Combined with Carbon (13C/12C) Isotope Ratios Analysis to Determine the Adulteration

of Commercial Honey. Food Anal. Methods (2016) 9:255–262. DOI 10.1007/s12161-015-0202.

158. Geana, E. I., Ciucure, C. T., 2019. Establishing authenticity of honey via comprehensive Romanian honey analysis. Food Chemistry

159. Wilson, R. T., 2006. Current status and possibilities for improvement of traditional apiculture in sub-Saharan Africa. Livestock Research for Rural Development