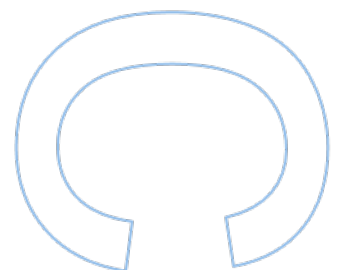
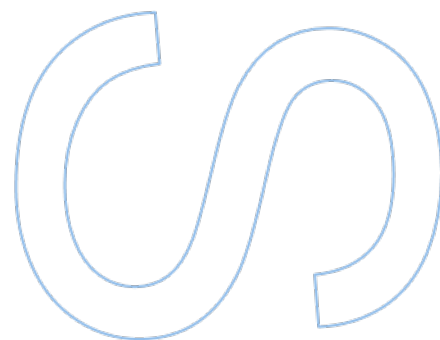
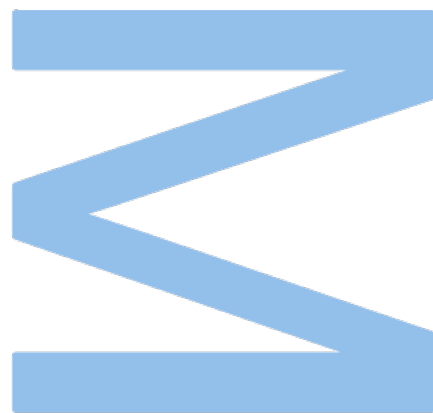


Estudo da monofloralidade melissopalínológica do mel de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*)



João Fernando Correia Cardoso

Mestrado em Engenharia Agronómica

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

2025

Estudo da monofloralidade melissopalínológica do mel de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*)

João Fernando Correia Cardoso

Dissertação realizada no âmbito do mestrado em
Engenharia Agronómica

Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território
2025

Orientador

Doutor Paulo Russo Almeida, Prof. Auxiliar do Departamento de
Zootecnia da UTAD, Universidade de Trás-os-Montes e Alto
Douro

Coorientador

Doutor Albano Beja, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências da
Universidade do Porto



Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Russo, que sempre esteve disponível para me apoiar, tudo fez para que eu tivesse sucesso, contribuindo decisivamente para a qualidade deste trabalho. Agradeço ainda pela partilha de conhecimentos e pelo cuidado em acompanhar o meu percurso ao longo da Bolsa de Investigação.

Ao meu Coorientador, Professor Doutor Albano Beja, um agradecimento pelo apoio prestado, pelas preciosas sugestões e pela sua disponibilidade para ajudar na concretização deste estudo.

Aos parceiros deste projeto, laboratório apícola (LabApis UTAD), ao Instituto Politécnico de Bragança, ao Centro de Investigação de Montanha, Universidade de Vigo, iberiensis e à Federação Nacional dos Apicultores de Portugal (FNAP).

Agradeço ao programa Promove da Fundação — La Caixa, em colaboração com o BPI e a Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) no âmbito do projeto *BeeSustain*, PD23-00019. Agradeço também o apoio financeiro dos fundos nacionais FCT/MCTES ao CIMO (UIDB/00690/2020 e UIDP/00690/2020), SusTEC (LA/P/0007/2021) e CITAB (UIDB/04033/2020).

À Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro que me acolheu durante um ano para a realização deste projeto.

À colega Iraílda Lima, pelo apoio no trabalho de campo e laboratório.

Este trabalho é um marco na minha vida académica, uma vez que representa o fim de uma etapa, o mestrado. Assim, deixo um agradecimento especial à instituição Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, pelo acolhimento durante estes três anos, pela disponibilização e transmissão de conhecimento, contribuindo para o meu desenvolvimento pessoal, capacidade científica e preparação para o exercício de uma profissão.

A todos os familiares, namorada, amigos e colegas, agradeço o apoio, a paciência e disponibilidade demonstrados, principalmente nos momentos mais difíceis, dando-me alento para a concretização desta etapa.

Por último, o meu agradecimento a todos que, direta ou indiretamente, me apoiaram neste trabalho.

Obrigado!

Resumo

Portugal apresenta uma flora melífera rica e variada, composta por inúmeras espécies, tanto silvestres quanto cultivadas. Essa diversidade favorece a produção de méis monoflorais diferenciados, dotados de propriedades singulares e elevado valor comercial. O mel de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*) é um dos mais notáveis e a sua autenticidade depende da identificação precisa de sua origem botânica.

A análise de pólen de mel, conhecida como melissopalinologia, desempenha um papel crucial na identificação da origem botânica e geográfica dos méis, bem como na garantia de sua qualidade e autenticidade. Utilizando a melissopalinologia como metodologia central, a investigação envolve a recolha de grãos de pólen tanto no papo das abelhas, como no mel no favo durante períodos específicos de floração, em apiários localizados em áreas de alta concentração das plantas alvo.

Este estudo, tem como objetivo principal aprofundar o conhecimento sobre a origem botânica do mel de rosmaninho português, avaliando a aplicabilidade dos critérios clássicos de classificação baseados na percentagem relativa de pólen e investigando um critério alternativo assente na concentração absoluta de pólenes de *Lavandula* por 10 g de mel.

Os resultados mostraram que, embora todas as amostras tenham exibido percentagens de pólen de *Lavandula* acima do limiar internacionalmente estabelecido de 15%, nem sempre atingiram concentrações absolutas superiores a 10.000 grãos por 10 g. Este valor foi adotado como referência experimental para testar um critério quantitativo alternativo, evidenciando as limitações do uso isolado de percentagens relativas.

Conclui-se, assim, que a utilização de concentrações absolutas de pólen constitui uma abordagem mais fiável para a certificação de méis monoflorais em Portugal. Estes dados não só confirmam a autenticidade e qualidade do mel de rosmaninho, como também ajudam a valorizar os produtos apícolas portugueses, conferindo-lhes mais credibilidade e competitividade nos mercados nacionais e internacionais.

Palavras-chave: Análise polínica; Apicultura portuguesa; Autenticidade alimentar; Certificação de méis; Flora melífera portuguesa

Abstract

Portugal has a rich and diverse honey-producing flora, dominated by both wild and cultivated species. This diversity allows for the production of distinct monofloral honeys with unique characteristics and high commercial value. Lavander honey (*Lavandula pedunculata*) is one of the most notable, and its authenticity depends on the accurate identification of its botanical origin.

The main objective of this study is to deepen knowledge about the composition and botanical origin of Portuguese rosemary honey, evaluating the applicability of classic classification criteria based on the relative percentage of pollen and investigating an alternative criterion based on the absolute concentration of grains per 10 g of honey.

The analysis of honey pollen, known as melissopalynology, plays a crucial role in identifying the botanical and geographical origin of honeys, as well as in ensuring their quality and authenticity. Using melissopalynology as its central methodology, the research involves collecting pollen grains both from the bees' honey sacs and from the honey in the comb during specific flowering periods, in apiaries located in areas with a high concentration of target plants.

The results showed that, although all samples exhibited *Lavandula* pollen percentages above the internationally established threshold of 15%, they did not always reach absolute concentrations above 10,000 grains per 10 g. This value was adopted as an experimental reference to test an alternative quantitative criterion, highlighting the limitations of using relative percentages alone.

It can therefore be concluded that the absolute pollen concentrations is a more reliable approach for the certification of monofloral honeys in Portugal. These data not only confirm the authenticity and quality of rosemary honey but also help to enhance the value of Portuguese bee products, giving them greater credibility and competitiveness in national and international markets.

Keywords: Pollen analysis; Portuguese beekeeping; Portuguese honey flora; Food authenticity; Honey certification

Contribuições Adicionais

Paralelamente a esta dissertação foi realizada a seguinte contribuição:

Poster

MedPolynosi 2024
Mediterranean
Palynology
Symposium

BeeSustain

Study on the melissopalynological monoflorality for three Portuguese honeys

Adão Cardoso¹, Valde Lima², Ceres Mutlu^{3,4}, Miguel Vilas-Boas^{1,4}, Paulo Russo-Almeida^{1,2}

¹Laboratório Apícola (LAP), Departamento de Zootecnia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801, Vila Real, Portugal; ²CTMIP, Centro de Investigação e Tecnologia de Células Agaveleiras e Biológicas, Laboratório Apícola (LAP), Departamento de Zootecnia, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal; ³Centro de Investigação de Montanha (CIAM), Instituto Politécnico de Bragança, 5300-253 Bragança, Portugal; ⁴Laboratório Associado Para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SUSTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

Background

Portugal has a rich and diverse honey flora, predominantly wild species. This diversity allows the production of distinct monofloral honeys, such as lavender (*Lavandula pedunculata*) (Fig. 1), heather (*Erica* spp.) or chestnut honey (*Castanea sativa*), each with unique characteristics determined by specific geographical and botanical conditions (Fig. 2).

Fig. 1 - Plant species (Lavender).
Fig. 2 - Area of honey flora (Blackberry).

Aims

One of the aims of this project is to deepen our knowledge of the botanical profile of three Portuguese monofloral honeys with higher impact in the market, namely those from lavender, heather and chestnut.

Methods

Honey pollen analysis, known as melissopalynology, plays a crucial role in identifying the botanical and geographical origin of honeys, as well as guaranteeing their authenticity. **Duration:** The bee sustain project started in 2024 and runs for another 3 years. **Location:** Specific apiaries located in areas with a high concentration of the target plants were selected. **Plants:** Lavender, heather and chestnut. Using melissopalynology as the core methodology, the research involves quantifying the pollen density of the target species in the nectar (Fig. 3), either:

- within the gut of bees captured over the flowers,
- within the gut of bees collected at the entrance of the colony,
- in the honey deposited in the combs during peak flowering.

Fig. 3 - On the left, pollen resulting from the extraction of nectar from the bee's pupae; on the right, pollen from honey.

Results and discussion

The data revealed different pollen concentration between the plants under analysis, but also some variability was found concerning the source where the nectar was collected (Tab. 1).

Tab. 1 - Group collected from bees collected at the flower entrance

Site	Area	Plant	Species	Concentration (grain/10g)	Concentration (grain/10g)	Concentration (grain/10g)
U1	U1	U1	U1	U1	U1	U1
U2	U2	U2	U2	U2	U2	U2
U3	U3	U3	U3	U3	U3	U3
U4	U4	U4	U4	U4	U4	U4
U5	U5	U5	U5	U5	U5	U5
U6	U6	U6	U6	U6	U6	U6
U7	U7	U7	U7	U7	U7	U7

The data from the first two hives (U1 and U2) show that the majority of bees had nectar in its crop. In U1, the bees that brought back nectar, 74% containing pollen with a balanced distribution between single pollen species (50%) and multiple pollen species (40%). The *Cistus* pollen was the species most valued by the bees, with a frequency of 81%, followed by other species such as lavender (23%) and *Amorpha* (2%).

For U2, all the nectar had more than one pollen species, being the *Cistus* the more frequent. The fact that 50% of the bees have small number of lavender pollen in the nectar suggest that they used nectar from lavender to aggregate the *Cistus* pollen grains.

Through the melissopalynological analysis to determine the concentration of lavender pollen in each hive, the following parameters were obtained (Tab. 2).

Tab. 2 - Mean parameters analyzed by site. Results presented (mean ± standard deviation)

Hive	Average Total Concentration (grain/10g)	Number of Lavender Pollen (grain/10g)	Average Total Percentage (%)
U1	30860±1000	12890±1000	23.4
U2	80800±10000	20700±1000	35.4
U3	47800±1000	21270±1000	35.04
U4	47800±1000	13820±1000	34.1
U5	48000±1000	12860±1000	32.7
U6	42000±1000	4600±1000	25.2
U7	84200±1000	34400±1000	25.2
Mean	58500±1000	14500±1000	27.4

The data indicates that, in the seven hives analyzed, the average percentages of lavender pollen per 10g of honey varied between 23% and 35%, but the differences were not statistically significant according to ANOVA ($p < 0.05$).

For the lavender pollen concentration, the data indicates that the average concentrations varied between 1833 and 2475, but the differences were not statistically significant according to ANOVA ($p < 0.05$).

The U1 hive has a greater amount of total pollen, however if we use concentration as a metric, the U2 hive stands out for its higher value of lavender pollen, showing a more homogeneous and characteristic composition to specify monofloral honey.

Conclusions

This data can provide a better scientific basis for the certification of monofloral honeys.

They will allow beekeepers to associate a distinctive quality label to their products, adding commercial value and promoting the authenticity of Portuguese honeys in increasingly demanding national and international markets.

Acknowledgments: The authors are grateful to the project "Pollen from Lavender" (PFL) and the President of the University of Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD) for the support in the development of this project. The authors also thank the beekeepers who provided the honey samples for analysis.

Cardoso, João.; Lima, IRAILDE; C. Mutlu; Vilas-Boas, Miguel; Russo-Almeida, Paulo. Autor correspondente: Russo-Almeida, Paulo. "Study on the melissopalynological monoflorality for three Portuguese". Trabalho apresentado em *Mediterranean Palynology Symposium 2024*.

Índice

Lista de Tabelas	7
Lista de Figuras	8
Introdução.....	9
1. Revisão Bibliográfica	12
1.1. Apicultura em Portugal.....	12
1.2. Mel	12
1.2.1. Classificação do mel	13
1.2.2. Composição dos méis	13
1.2.3. Origem Botânica.....	15
1.3. Melissopalínologia.....	18
1.3.1 História	18
1.3.2. Fatores que influenciam a classificação melissopalínológica dos méis monoflorais.....	19
1.3.3. Vantagens e Limitações da melissopalínologia.....	22
2. Material e Métodos	23
2.1. Área de estudo.....	23
2.2. Delineamento experimental	24
2.3. Métodos analíticos melissopalínológicos	25
2.3.1. Análise qualitativa	25
2.3.2. Análise quantitativa	27
3. Resultados	30
3.1. Análise Qualitativa	30
3.2. Análise polínica do mel em secções de favo	33
4. Discussão	40
Conclusão.....	44
Referências Bibliográficas	46
Anexos.....	49
Anexo 1 Inventário de espécies polínicas	50
Anexo 2 Caracterização de pólenes vistos ao microscópio.	51

Lista de Tabelas

Tabela 1. Parâmetros de qualidade do mel.....	14
Tabela 2. Exemplo de méis monoflorais e % de pólen que padronizam a classificação em méis monoflorais	16
Tabela 3. Classificação dos méis segundo as classes de abundância polínica (grãos/10 g de mel).....	19
Tabela 4. Ampliações e fator de conversão para cada microscópio	27
Tabela 5. Recolha do conteúdo do papo das abelhas na entrada da colónia. Todos os valores percentuais se referem à proporção de abelhas observadas em cada categoria, calculada em relação ao total de abelhas analisados por colónia (n=35).....	30
Tabela 6. Síntese dos resultados das abelhas recolhidas em flores de <i>Lavandula pedunculata</i>	32
Tabela 7. Valores (médios± erro padrão) do peso do favo com mel, peso da cera, peso do mel e humidade (%) obtidos nas diferentes colónias analisadas.....	34
Tabela 8. Parâmetros do mel analisamos por colónia. Apresentação dos resultados (média ± erro-padrão).....	34
Tabela 9. Caracterização visual de algumas plantas melíferas e respetivos pólenes vistos ao microscópio	51

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa de Distribuição dos méis monoflorais, em Portugal Continental	17
Figura 2. Área de Intervenção do projeto BeeSustain.....	23
Figura 3. Recolha de Néctar do papo da abelha	24
Figura 4. Esquema do delineamento experimental	25
Figura 5. Lâminas preparadas para análise polínica (esquerda) e grão de pólen de <i>Lavandula pedunculata</i> observado ao microscópio ótico (direita).....	26
Figura 6. Etapas do procedimento laboratorial de preparação de amostras de mel para análise polínica	27
Figura 7. Refratómetro do mel portátil	28
Figura 8. Percentagem de abelhas com e sem néctar por colónia (LH01–LH10).....	31
Figura 9. Proporção de néctar com e sem pólen por colónia (LH01–LH10)	32
Figura 10. Distribuição dos tipos de pólen nas abelhas recolhidas em flores de <i>Lavandula pedunculata</i> . As percentagens referem-se à proporção de abelhas que transportavam pólen de cada espécie floral identificada.....	33
Figura 11. Concentração (média $\pm$ erro-padrão) de grãos de pólen total e de <i>Lavandula</i> (grãos/10 g de mel) nas diferentes colónias analisadas	35
Figura 12. Percentagem média de pólen de <i>Lavandula pedunculata</i> por colónia. A linha a tracejado indica o limiar de 15%.....	36
Figura 13. Comparação da % de grãos de pólen de <i>Lavandula</i> presentes no papo das abelhas e no mel armazenado nos favos, em diferentes colónias analisadas (LH01, LH02, LH03, LH04, LH05, LH09 e LH10).....	37
Figura 14. Concentração absoluta média de grãos de pólen de <i>Lavandula</i> ($\pm$ erro padrão) por colónia (LH01–LH10). A linha vermelha tracejada representa o limiar de 10.000 grãos/10 g de mel, proposto como valor de referência para avaliar a presença significativa de <i>Lavandula</i> no mel.....	38
Figura 15. Relação entre a percentagem de pólen de <i>Lavandula pedunculata</i> e a concentração absoluta média de pólenes de <i>Lavandula</i> (grãos/10 g de mel) nas amostras individuais de mel provenientes das diferentes colónias. Cada ponto representa as repetições de uma colónia, sendo as cores atribuídas individualmente a cada colónia. A linha vermelha vertical indica o limite de 15% de pólen de <i>Lavandula</i> , enquanto a linha horizontal representa o critério alternativo de 10.000 grãos/10 g.....	39
Figura 16. Inventário de plantas melíferas identificadas no local de estudo	50

Introdução

A atividade apícola em Portugal é na maioria constituída por pequenos apicultores, porque a apicultura na sua generalidade não é exercida como atividade principal, verificando-se uma quase inexistência de planeamento estratégico e de orientação para o mercado.

O sector apícola sempre foi uma atividade tradicional ligada à agricultura e consiste na criação e gestão de colónias de abelhas com o objetivo de recolher produtos apícolas, proporcionando em simultâneo um serviço de polinização fundamental à manutenção dos ecossistemas e reprodução das plantas. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estima que das 100 espécies de culturas que fornecem 90% dos alimentos em todo o mundo, 71 são polinizadas por abelhas (FAO, 1996).

A apicultura é praticada em todos os países da União Europeia (UE) e caracteriza-se por uma grande diversidade de condições de produção, rendimentos e práticas apícolas. A espécie de abelha utilizada é a *Apis mellifera*, existindo em Portugal uma subespécie caraterística da península ibérica, a *Apis mellifera iberiensis* (Crane, 2009).

A melissopalínologia, ramo da palinologia aplicada à identificação da origem botânica e geográfica dos méis, constitui uma ferramenta fundamental na certificação e valorização destes produtos. Ao longo do último século, esta disciplina tem evoluído significativamente, com contributos que permitiram a padronização de métodos e a construção de critérios que procuram garantir a autenticidade e a classificação dos méis monoflorais.

Contudo, a classificação de méis monoflorais com base exclusiva na percentagem relativa de pólen tem sido alvo de críticas. Este parâmetro é fortemente influenciado por fatores externos e biológicos que afetam a incorporação do pólen no mel, ou seja, fontes florais, condições climáticas, solo, práticas dos apicultores (Alqarni et al., 2014). Fatores como a distância entre a fonte floral e a colónia afeta a quantidade de pólen transportada, já que néctares provenientes de flores mais distantes tendem a conter menos grãos devido à digestão parcial durante o transporte (Todd & Vansell, 1942). As condições ambientais, nomeadamente temperatura, humidade e vento, determinam a secreção de néctar e a libertação de pólen pelas anteras (W. Shuel, 1964), podendo modificar substancialmente a razão néctar/pólen disponível para as abelhas. A morfologia das flores e os mecanismos de incorporação do pólen no néctar (via corpo, corbícula ou secreções diretas) influenciam decisivamente o perfil polínico

do mel (Louveaux *et al.*, 1978). Consequentemente, a percentagem relativa de pólen nem sempre reflete de forma fiel a origem botânica dominante do mel, podendo conduzir a classificações imprecisas quanto à sua monofloralidade.

Para além destas limitações metodológicas, observa-se também que os valores de percentagem adotados para classificar um mel como monofloral variam entre espécies botânicas, refletindo diferenças intrínsecas na produção e libertação de pólen. Algumas espécies, como as do castanheiro (*Castanea sativa*), produzem grandes quantidades de pólen, resultando numa sobre representação da espécie no mel, o que leva à exigência de percentagens mais elevadas (84%) para classificação como monofloral (Ohe *et al.*, 2004). Por outro lado, flores como as do rosmaninho, medronheiro ou de citrinos que produzem pouco pólen, podem originar méis monoflorais com percentagens bastante mais baixas (15%) (Machado *et al.*, 2020). Importa salientar que os limites foram definidos com base em espécies distintas das existentes em Portugal, como *L. angustifolia* na Europa Central, o que levanta dúvidas sobre a sua aplicabilidade à flora nacional. Situação semelhante ocorre com a urze (*Erica* spp.) (>45%) e com o castanheiro (*Castaneae*) (>86%), cujas espécies autóctones não estão suficientemente estudadas em termos de contribuição polínica (Ohe *et al.*, 2004).

Face a estas limitações, torna-se pertinente o desenvolvimento de critérios mais adequados à realidade da flora portuguesa, nomeadamente através da análise da concentração absoluta de pólen (grãos por 10g de mel), que poderá substituir a percentagem relativa tradicionalmente usada.

As hipóteses centrais desta investigação incluem a suposição de que:

- Os critérios atualmente utilizados para a classificação de méis monoflorais, baseados na percentagem relativa de pólen, não são inteiramente adequados à flora portuguesa, podendo levar a classificações incorretas;
- A composição polínica do mel de rosmaninho apresenta variações significativas relacionadas com a morfologia das flores, a ecologia local e os padrões de recolha floral das abelhas;
- A correspondência entre o pólen recolhido pelas abelhas no papo e o pólen presente no mel varia entre espécies, sendo influenciada pela morfologia do pólen e pelo rácio néctar/pólen de cada flor, entre outros fatores;
- A análise pela concentração absoluta de pólen (n.º de pólenes por 10 g de mel) permite estimar valores de referência mais robustos para a monofloralidade, superando as limitações do critério baseado apenas em percentagens relativas.

Assim, o principal objetivo deste projeto (**BeeSustain** (PD23-00019), financiado pela La Caixa) consiste em aprofundar o conhecimento sobre o perfil botânico de três méis monoflorais portugueses com maior relevância comercial, nomeadamente os de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*), urze (*Erica spp.*) e castanheiro (*Castanea sativa*), através da análise melissopalínológica detalhando o seu perfil polínico. O presente projeto foi conduzido em apiários localizados em regiões do norte de Portugal, selecionadas com base na predominância de flora melífera específica nomeadamente *Lavandula pedunculata*, *Erica umbellata*. e *Castanea sativa*, com o objetivo de caracterizar o perfil polínico de méis produzidos nestes contextos ecológicos.

Esta dissertação centra-se na análise melissopalínológica da composição polínica do mel de rosmaninho.

Os objetivos específicos deste trabalho incluem: i) Identificar e quantificar os grãos de pólen presentes em amostras de néctar e mel recolhidas em apiários localizados em áreas com predominância de *Lavandula*; ii) Comparar os perfis polínicos obtidos a partir do conteúdo do papo das abelhas, do mel armazenado nos favos; iii) Analisar a variabilidade da percentagem relativa e da concentração absoluta de pólen no mel de diferentes colónias; iv) Avaliar a fiabilidade dos critérios tradicionais utilizados na classificação de méis monoflorais, nomeadamente os baseados apenas na percentagem de pólen da espécie dominante; v) Contribuir para o desenvolvimento de critérios mais rigorosos e cientificamente sustentados para a certificação de méis monoflorais portugueses.

Após esta introdução é fornecida uma revisão bibliográfica que contempla a descrição da flora apícola em Portugal, as técnicas associadas à sua produção, bem como os principais fatores que influenciam a sua caracterização polínica e sensorial. Aborda-se ainda o papel da melissopalínologia na definição e certificação dos méis monoflorais. No terceiro capítulo, materiais e métodos, são apresentados os procedimentos seguidos para a recolha de amostras nos apiários, assim como as metodologias laboratoriais aplicadas à análise polínica do mel, seguindo-se a apresentação e análise dos resultados e respetiva discussão. No final são apresentadas conclusões sobre o trabalho desenvolvido com destaque para o seu contributo na valorização do mel monofloral e respetivo alcance com indicações futuras para melhoria.

1. Revisão Bibliográfica

1.1. Apicultura em Portugal

Em Portugal, tal como no resto da União Europeia, é uma atividade tradicionalmente ligada à agricultura, sendo normalmente encarada como um complemento ao rendimento das explorações, existindo apenas uma pequena minoria de apicultores em que a apicultura é a base das receitas de exploração. (PAN 2014-2016).

De acordo com os dados da Federação Nacional dos Apicultores de Portugal (FNAP) de 2024, existem em Portugal cerca de 11.471 apicultores registados, correspondendo a um universo de aproximadamente 42.099 apiários e 667.685 colónias (FNAP, 2024). A sua análise permite concluir que os apicultores portugueses são maioritariamente de pequena dimensão, 53% têm efetivo inferior a 24 colónias, considerados como de autoconsumo, e 84% estão abaixo de 100 colónias. A categoria dos apicultores profissionais representa apenas 11% do total nacional, evidenciando a reduzida taxa de profissionalização do setor (GPP, 2019).

A instalação de um apiário em qualquer região se rege pela análise de aspetos como a flora, a presença de água com qualidade, o clima, os perímetros de segurança à rede viária e edificação, a acessibilidade ao local, entre outros. Consequentemente, a escolha do local assume uma importância fundamental na manutenção das colónias e na produtividade do apiário.

1.2. Mel

Para a produção do mel, as abelhas recolhem o néctar de várias espécies florais situadas num raio aproximado de três quilómetros em torno da colónia. Logo após a recolha, inicia-se no papo das abelhas a primeira etapa da transformação do néctar, durante a qual atuam enzimas que convertem a sacarose em frutose e glucose, dando origem aos açúcares simples (Caveiro, 2017). Numa fase seguinte, denominada trofalaxia, o néctar é transmitido entre diferentes abelhas, processo que intensifica a ação enzimática e a incorporação de secreções salivares, promovendo a redução do teor de água e o enriquecimento em açúcares facilmente assimiláveis. O produto parcialmente transformado é então armazenado nos alvéolos dos favos, onde continua a ocorrer a evaporação da humidade até se obter o mel maduro (Caveiro, 2017; GPP, 2019).

1.2.1. Classificação do mel

De acordo com o Decreto-Lei nº 214/2003 de 18 de Setembro, o “Mel é a substância açucarada natural produzida pelas abelhas da espécie *Apis mellifera* a partir do néctar de plantas ou das secreções provenientes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas das plantas, que as abelhas recolhem, transformam por combinação com substâncias específicas próprias, depositam, desidratam, armazenam e deixam amadurecer nos favos da colónia” (Ministério da Agricultura, 2003).

O mel pode ser definido com base na sua origem botânica, modo de extração e apresentação. A partir da origem botânica, o mel pode ser classificado em dois tipos distintos: o mel de néctar ou mel de flores que é “obtido a partir do néctar das plantas”, ou mel de melada, “obtido principalmente a partir das excreções de insetos sugadores de plantas (hemíptera) que ficam sobre as partes vivas das plantas ou de secreções provenientes das partes vivas das plantas”. De acordo com o modo de apresentação e extração, o mel pode ser classificado em mel em favos, mel com pedaços de favos, mel centrifugado, mel prensado ou mel filtrado (Ministério da Agricultura, 2003).

1.2.2. Composição dos méis

O mel é constituído essencialmente por diversos açúcares, predominando a frutose e a glicose, assim como por outras substâncias tais como ácidos orgânicos, enzimas e partículas sólidas provenientes da sua colheita (pedaços de cera, patas, asas). A cor do mel pode variar de uma tonalidade quase incolor a âmbar-escuro. No que respeita à consistência, pode apresentar-se fluido, espesso e parcial ou totalmente cristalizado. O sabor e o aroma variam consoante a origem vegetal. Quando comercializado como tal ou quando utilizado em qualquer produto destinado ao consumo humano, não pode ter sido adicionado ao mel nenhum ingrediente alimentar, incluindo aditivos alimentares, nem outras adições para além do mel. O mel deve estar isento, na medida do possível, de matérias orgânicas ou inorgânicas estranhas à sua composição (Ministério da Agricultura, 2003).

Quando comercializado como tal ou quando utilizado em qualquer produto destinado ao consumo humano, o mel deve obedecer aos seguintes critérios de composição, como apresentado na Tabela 1, seguindo o Decreto-Lei nº214/2003, de 18 de setembro.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade do mel (Ministério da Agricultura, 2003)

Parâmetros	Limites	Exceções
Teor de açúcares	> 60 mel de néctar	
Frutose + Glicose (%)	> 45 mel de melada ou Mistura de mel de melada com mel de néctar	--
Teor de sacarose (%)	< 5	< 10 (<i>Robinia pseudoacacia</i> ; <i>Medicago sativa</i> ; <i>Banksia menziessii</i> ; <i>Hedysacarium</i> ; <i>Eucalyptus camadulensis</i> ; <i>Eucryphia lucida</i> ; <i>Eucryphia milligani</i> ; <i>Citrus</i> spp.) < 15 (<i>Lavandula</i> spp.; <i>Borago officinalis</i>)
Teor de água (%)	< 20	< 23 Mel de urze (<i>Calluna</i>) e mel para uso industrial em geral < 25 Mel de urze (<i>Calluna</i>) para uso industrial
Teor de matérias insolúveis na água (%)	< 0,1	< 0,5 mel prensado
Condutividade elétrica (mS/cm)	< 0,8 > 0,8 mel de melada e mel de castanheiro (<i>Castanea</i>) e suas misturas	<i>Arbutus unedo</i> (medronheiro), <i>Erica</i> (erica), <i>Eucalyptus</i> (eucalipto), <i>Tilia</i> spp. (tília), <i>Calluna vulgaris</i> (torga ordinária), <i>Leptospermum</i> (leptospermo), <i>Melaleuca</i> spp. (melaleuca)
Ácidos livres (meq.Kg ⁻¹)	< 50	< 80 Mel uso industrial
Diastase (DN) (escala de Schade)	> 8 para mel determinado após o processamento e/ou Mistura > 3 para mel com baixo teor de natural de enzimas	--
Teor de hidroximetilfurfural (HMF) (mg.Kg ⁻¹)	< 40	< 80 Mel de clima tropical

1.2.3. Origem Botânica

A análise polínica do mel é o método padrão para a classificação da origem botânica, e em alguns casos, da sua origem geográfica (Ohe *et al.*, 2004).

A abordagem clássica para a classificação de méis monoflorais e multiflorais e a determinação confiável de sua origem botânica inclui três métodos complementares: análise sensorial, melissopalínologia e parâmetros físico-químicos (Silva *et al.*, 2017). A análise do pólen do mel, conhecida como melissopalínologia, desempenha um papel crucial na identificação da origem botânica e geográfica dos méis, bem como na garantia da sua autenticidade. A determinação e classificação rigorosa da origem botânica e geográfica do mel permitem a sua classificação (Valbom, 2016). Assim, de acordo com (Ohe *et al.*, 2004) tendo em conta a sua origem botânica, o mel pode ser classificado como:

- Monofloral: quando 45% do seu pólen provém de apenas uma espécie floral (após excluir o pólen de plantas não nectaríferas);
- Multifloral: quando provém de mais do que uma espécie.

Assim, com algumas exceções, assume-se que a presença destes grãos de pólen reflete as flores onde foi recolhido o néctar, e a sua quantidade permite avaliar a frequência com que as abelhas visitaram as flores. No entanto, a quantidade de pólen produzida por uma flor varia entre as diferentes plantas. Existem casos em que o pólen está sobre-representado, como no mel de castanheiro, e outras onde está sub-representado, como no mel de *Lavandula*. Como citado em Caveiro (2017), o valor a partir do qual se considera o mel como monofloral é diferente, oscilando entre 70 a 90% para o primeiro e 10 a 15% para o segundo.

Portugal possui uma grande riqueza e diversidade de flora melífera nas diversas regiões do continente e ilhas, possibilitando a produção de diversos méis monoflorais, ou seja, méis compostos predominantemente por pólen de uma determinada espécie botânica. Na análise melissopalínológica, os grãos de pólen presentes no mel podem ser classificados, de forma descritiva, como predominantes (>45%), secundários (16–45%) ou minoritários (<16%) segundo Louveaux *et al.* (1978). No entanto, a classificação de um mel como monofloral, baseia-se em valores de referência específicos para cada espécie, definidos em função da sua capacidade de produção e incorporação de pólen (Ohe *et al.*, 2004). Ou seja, enquanto em espécies com produção abundante de pólen (ex.: *Castanea sativa*) apenas valores muito elevados permitem a classificação como monofloral, em espécies sub representadas (ex.: *Lavandula*) a

monofloralidade pode ser atribuída mesmo quando o pólen surge em proporções mais reduzidas.

A variação na proporção de pólen necessária para a classificação de um mel como monofloral reflete as diferenças inerentes entre espécies botânicas, tanto na produção como na incorporação de pólen durante o processo de recolha pelas abelhas. Para ilustrar essa diversidade, a Tabela 2 apresenta alguns exemplos de méis monoflorais, indicando as percentagens de pólen habitualmente utilizadas como referência na sua padronização. Observa-se que espécies com elevada produção polínica como o mel de eucalipto, castanheiro, soagem e também o mel de urze, requerem valores de pólenes mais altos para serem classificadas como monoflorais.

Tabela 2. Exemplo de méis monoflorais e % de pólen que padronizam a classificação em méis monoflorais. Adaptado de (Machado *et al.*, 2020; Ohe *et al.*, 2004)

Mel monofloral	Nome Científico	% Pólen
Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i>	10 - 57
Castanheiro	<i>Castanea sativa</i>	> 86
Eucalipto	<i>Eucalyptus</i> spp.	> 83
Framboesa	<i>Rubus idaeus</i> e outros <i>Rubus</i> spp.	> 53
Larajeira	<i>Citrus</i> spp.	> 10
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	12 - 92
Medronheiro	<i>Arbutus unedo</i>	8-20
Soagem	<i>Echium</i> spp.	> 70
Urze	<i>Erica</i> spp.	> 45
Rosmaninho	<i>Lavandula stoechas</i> ; <i>L. pedunculata</i> ; <i>L. viridis</i>	≥ 15

As abelhas alimentam-se do néctar das flores de uma vasta gama de plantas herbáceas, arbustos, árvores de fruto e espécies florestais, entre as quais se destacam o rosmaninho (*Lavandula stoechas*), a urze (*Erica umbellata*), o castanheiro (*Castanea sativa*), o alecrim (*Rosmarinus officinalis*), o medronheiro (*Arbutus unedo*), a soagem (*Echium plantagineum*), o poejo (*Mentha pulegium*), a laranjeira (*Citrus sinensis*), o eucalipto (*Eucalyptus* spp.) e o girassol (*Helianthus annuus*).

O rosmaninho é uma das espécies mais importantes nas áreas baixas, até 400 metros acima do nível do mar, ao passo que o castanheiro é predominante nas áreas montanhosas, entre 700 e 1200 metros. Como o eucalipto é mais cultivado no litoral, ele

desempenha um papel mais significativo na produção de mel na região costeira do Alentejo, centro e norte. Já o girassol é particularmente importante no Alentejo e a laranjeira no Algarve (GPP, 2016).

A figura 1 ilustra a distribuição geográfica dos principais tipos de mel produzidos em Portugal, evidenciando a ligação entre as espécies melíferas predominantes e as características ecológicas de cada região.



Figura 1. Mapa de Distribuição dos méis monoflorais, em Portugal Continental. Fonte: (Florestas, 2020)

Como citado por A. Machado *et al.* (2022) os méis monoflorais são muito apreciados pelas suas características organoléticas diferenciadas, com aromas únicos, provavelmente com origem no néctar das flores, indicativo da presença de compostos voláteis responsáveis pelas suas fragâncias distintivas.

O impacto da origem botânica é sem dúvida um elemento fundamental na valorização do mel, uma vez que condiciona todas as características sensoriais e físico-químicas.

1.3. Melissopalínologia

O método clássico usado para determinar as espécies botânicas presentes no mel é designado melissopalínologia (Ohe *et al.*, 2004). Este método consiste na análise dos grãos de pólen presentes no mel através da sua observação, identificação e contagem utilizando microscopia ótica. Esta análise permite inferir as espécies botânicas visitadas pelas abelhas durante a recolha de néctar e, assim, contribuir decididamente para classificar o mel como monofloral ou multifloral. Cada espécie de planta tem seu código genético de herança e um padrão estrutural específico que permite que o grão de pólen de uma espécie seja diferenciado de outra (Tulu *et al.*, 2023). A melissopalínologia desempenha um papel central na certificação e valorização comercial dos produtos apícolas, sendo amplamente utilizada na atribuição de selos de qualidade e denominações de origem protegida. A informação polínica é normalmente complementada com dados de parâmetros físico-químicos e de avaliação sensorial. O método mais utilizado é o proposto pela *International Commission for Bee Botany* (ICBB), descrito por Louveaux *et al.* (1978), atualizada por Ohe *et al.* (2004).

1.3.1 História

A melissopalínologia foi um dos primeiros ramos da palinologia (estudo do pólen e dos esporos): o primeiro trabalho sobre a microscopia do mel remonta ao final do século XIX, por Pfister, em 1895 (Ohe *et al.*, 2004) e que descreveu o conteúdo polínico de méis provenientes de múltiplas origens geográficas (Suíça, Grécia, Áustria, México, Califórnia, entre outras), salientando a diversidade do sedimento e a presença de pólen de espécies não entomófilas (Russo Almeida *et al.*, 2024). No início do século XX, investigadores como Young (1908) e Fehlmann (1911) aprofundaram a relação entre a concentração polínica e a morfologia floral, além de abordarem a deteção de adulterações, nomeadamente através da presença de amido ou da utilização de xaropes açucarados.

Como referido por (Russo Almeida *et al.*, 2024), a partir da década de 1930, Enoch Zander introduziu melhorias técnicas na análise quantitativa do pólen no mel, que foram posteriormente sistematizadas por Anna Maurizio, autora de mais de 120 publicações sobre a temática. Maurizio desenvolveu metodologias de contagem baseadas na dispersão controlada do sedimento polínico e introduziu o uso de quadrículas para observação ao microscópio, tornando a análise mais objetiva e reprodutível. Em 1950, fundou a *International Commission for Bee Botany* (ICBB), responsável pela padronização dos métodos palinológicos ainda hoje amplamente seguidos. Os estudos realizados por Zander (1935, 1937, 1941, 1949, 1951)

contribuíram para construir a base científica desta técnica analítica. Na década de 1960, Demianowicz (1961), propôs o método dos coeficientes polínicos como alternativa à simples percentagem relativa, considerando que diferentes espécies florais produzem diferentes quantidades de pólen. Esta abordagem permitia calcular a contribuição efetiva de cada espécie floral com base em concentrações absolutas, embora não tenha sido amplamente adotada.

Um método de melissopalínologia foi elaborado e proposto pela Comissão Internacional de Botânica Apícola (ICBB) e publicado em 1978 (Louveaux *et al.*, 1978), o qual é uma referência para a análise melissopalínológica moderna. Estes métodos preveem a contagem de pelo menos 300 grãos de pólen por amostra e a exclusão de pólen anemófilo da interpretação da origem botânica (Louveaux *et al.*, 1978). Posteriormente, Ohe *et al.* (2004) atualizaram e harmonizaram os procedimentos, introduzindo, entre outros aspetos, a classificação dos méis em diferentes classes de abundância polínica em 10g de mel (Tabela 3).

Tabela 3. Classificação dos méis segundo as classes de abundância polínica (grãos/10 g de mel). Adaptado de Ohe *et al.* (2004)

Grupo	Nº Grãos/10g	Descrição	Exemplos
I	< 20 000	Muito pobre em pólen	<i>Citrus, Robinia</i>
II	20 000 – 100 000	Pobre em pólen	Méis florais e mistos
III	100 000 – 500 000	Rico em pólen	<i>Castanea</i> , Melada
IV	500 000 – 1 000 000	Muito Rico em pólen	Méis florais e prensados
V	> 1 000 000	Extremamente rico em pólen	Méis prensados

1.3.2. Fatores que influenciam a classificação melissopalínológica dos méis monoflorais

A classificação de um mel como monofloral baseia-se, tradicionalmente, na percentagem relativa de grãos de pólen da espécie dominante presentes na amostra. Contudo, já Demianowicz (1961) tinha demonstrado que essa abordagem apresenta limitações significativas, tendo assim proposto o uso de coeficientes polínicos como alternativa, reconhecendo que diferentes espécies produzem quantidades distintas de pólen. Em Portugal, (A. M. Machado *et al.*, 2022) analisaram diversos méis monoflorais e demonstraram que a combinação entre análise melissopalínológica e parâmetros físico-químicos pode contribuir para uma caracterização mais rigorosa da origem

botânica, salientando a necessidade de adaptar os critérios de classificação à realidade florística nacional.

A presença de pólen no mel é influenciada por múltiplos fatores de natureza biológica, ecológica, comportamental e técnica.

Em primeiro lugar, fatores biológicos. O rácio entre néctar e pólen produzido por uma flor varia amplamente entre espécies botânicas. Flores como as do castanheiro (*Castanea sativa*) produzem grandes quantidades de pólen, o que leva frequentemente à sua sobre representação nos méis, exigindo percentagens de 80 a 90% para se considerar monofloralidade (Andrade *et al.*, 1994). Por outro lado, flores como as do rosmaninho (*Lavandula pedunculata*) produzem quantidades mais reduzidas de pólen, sendo aceites valores mínimos de 15% para a sua classificação como mel monofloral (Machado *et al.*, 2020; Soares *et al.*, 2017).

A morfologia e o tamanho dos grãos de pólen exercem um papel determinante no seu transporte e incorporação no néctar. No caso da urze (*Erica* spp.), os grãos de pólen são frequentemente agrupados em tétrades (quatro unidades ligadas), estrutura que dificulta a dispersão e a contagem microscópica, levando à sua sub-representação nas análises melissopalínológicas (Corrêa & Cruz-Barros, 2011). Estudos realizados levados a cabo por O. Escuredo *et al.* (2014), no norte de Espanha, apontam para percentagens de pólen de urze entre 35% e 42% para considerar os méis monoflorais, valores abaixo das referências por (Ohe *et al.*, 2004), o que demonstra a inadequação de critérios padronizados sem adaptação ao contexto florístico local. Outro fator relevante prende-se com a forma de incorporação do pólen no néctar. O pólen pode ser transferido para o mel através do contacto com os pêlos corporais das abelhas, ou diretamente pelas glândulas nectaríferas das flores. A variabilidade destes mecanismos influencia a composição polínica do néctar recolhido.

Seguidamente, os fatores ecológicos, como referido em (Russo Almeida *et al.*, 2024) exercem uma influência determinante na produção de néctar e pólen pelas plantas. Segundo W. Shuel (1964), a temperatura atua diretamente sobre a atividade metabólica das glândulas nectaríferas: valores moderados favorecem a secreção de néctar e a viabilidade do pólen, enquanto temperaturas extremas, quer elevadas quer baixas, reduzem a produção floral e a disponibilidade de recursos para as abelhas. A humidade relativa condiciona a evaporação do néctar, níveis muito altos originam néctares diluídos, com menor teor de açúcares, enquanto níveis baixos provocam evaporação rápida e diminuem o tempo em que o néctar permanece acessível.

A radiação solar influencia indiretamente a secreção de néctar, ao modular a temperatura dos tecidos florais e a fotossíntese, processos essenciais à formação de açúcares. Já o vento pode favorecer a libertação do pólen em espécies anemófilas, mas, quando intenso, interfere na atividade de voo das abelhas e reduz a sua eficiência. Por fim, a fertilidade do solo e a disponibilidade de nutrientes afetam o vigor vegetativo e o número de flores viáveis, refletindo-se na quantidade total de pólen produzido. Em conjunto, estes fatores ecológicos determinam a variação espacial e temporal da produção de néctar e pólen, influenciando diretamente o perfil polínico dos méis, mesmo em regiões onde *Lavandula pedunculata* é dominante. Adicionalmente, a distância entre a fonte floral e a colónia influencia a probabilidade de certas espécies aparecerem no mel, sendo que flores próximas da colónia tendem a estar sobre representadas em comparação com fontes mais distantes (Demianowicz, 1961; Todd & Vansell, 1942).

Quanto a fatores comportamentais, segundo Cheshire (1886), o comportamento de colheita das abelhas constitui igualmente uma variável crítica. Tal comportamento compromete a relação direta entre o pólen dominante e a origem botânica do néctar, incluindo a fidelidade floral, as diferenças entre abelhas nectaríferas e poliníferas e a remoção constante de pólen dos pêlos corporais.

Por fim, os métodos de colheita, extração e preparação do mel para análise (centrifugação, filtração, dissolução e laminação) também afetam a quantidade de pólen observada, sendo necessário considerar o protocolo técnico adotado (Louveaux *et al.*, 1978; Maurizio, 1939).

Face a esta multiplicidade de fatores, torna-se evidente que a utilização exclusiva da percentagem relativa de pólen como critério para determinar a monofloralidade é insuficiente e, por vezes, inadequada. Uma abordagem complementar baseada na concentração absoluta de pólen (grãos por 10 g de mel) tem sido defendida como mais robusta e adaptável a diferentes contextos florísticos e ecológicos (Russo Almeida *et al.*, 2024).

1.3.3. Vantagens e Limitações da melissopalínologia

Apesar das suas limitações, a melissopalínologia mantém-se como o método de referência para a classificação da origem botânica dos méis. Entre as suas vantagens destacam-se a padronização internacional dos procedimentos (Louveaux *et al.*, 1978) a capacidade de diferenciar espécies botânicas com base na morfologia polínica (Tulu *et al.*, 2023) e a sua aplicabilidade em contextos laboratoriais com recursos relativamente acessíveis (Ohe *et al.*, 2004). Esta técnica constitui uma ferramenta fundamental na certificação e valorização dos méis monoflorais, sendo amplamente utilizada na rotulagem e proteção comercial destes produtos. No entanto, o uso exclusivo da percentagem relativa de pólen pode conduzir a classificações incorretas, sobretudo em méis oriundos de espécies com baixa produção ou incorporação de pólen, como *Lavandula pedunculata* ou *Erica spp.* (O. Escuredo *et al.*, 2014; Russo Almeida *et al.*, 2024).

A variabilidade introduzida por fatores ecológicos, florísticos e comportamentais reforça a necessidade de testar outras abordagens (Demianowicz, 1961) ou a adaptação dos critérios ao contexto botânico local.

Assim, a fiabilidade da melissopalínologia depende tanto da robustez técnica da análise como da adequação dos critérios interpretativos ao contexto ecológico em estudo.

2. Material e Métodos

2.1. Área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto **BeeSustain**, que visa promover a sustentabilidade apícola e a valorização dos méis produzidos no Norte de Portugal. No contexto mais amplo do projeto, são estudadas diversas regiões de Trás-os-Montes, em Vila Real e em Boticas. Contudo, este estudo centrou-se exclusivamente na região de Trás-os-Montes, no concelho de Vila Flor, onde o rosmaninho (*Lavandula pedunculata*) constitui uma das principais espécies nectaríferas e poliníferas. A área é marcada por uma vegetação predominantemente espontânea, composta por matos de *Cistus*, *Cytisus* e *Lavandula*, alternando com pequenas manchas agrícolas e olivais. Esta diversidade botânica e o clima mediterrânico com influência continental criam condições ideais para a produção de méis de rosmaninho com identidade própria e elevada qualidade (Figura 2).



Figura 2. Área de Intervenção do projeto BeeSustain

Durante os meses de fevereiro de 2024 a janeiro de 2025, período deste estudo, a temperatura média local em Junqueira, no concelho de Vila Flor, foi de 16,7 °C e a precipitação de 44,4 mm. A recolha dos dados da floração de rosmaninho ocorreu durante o mês de abril de 2024, em Junqueira.

Os dados disponíveis da estação meteorológica mais perto do apiário foi Junqueira, obtendo-se os dados no Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Durante este trabalho procedeu-se ao inventário das espécies melíferas presentes na área de estudo (Anexo 1), com base na Flora-on (Flora-on, 2025).

2.2. Delineamento experimental

O presente estudo foi delineado com o objetivo de caracterizar a composição polínica do néctar do papo de abelhas recolhidas em flores e à entrada de colónias, assim como do mel de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*) em diferentes momentos do processo produtivo, de forma a compreender a relação entre a flora disponível e o produto final. O trabalho foi desenvolvido num apiário localizado, em Vila Flor, numa área com elevada densidade desta espécie, tendo a recolha sido realizada durante o pico de floração (abril), garantindo assim uma representação adequada da contribuição polínica da planta alvo.

Foram utilizadas dez colónias para a amostragem. Em cada colónia, capturaram-se trinta e cinco abelhas à entrada da mesma, que após conservação congeladas se procedeu à análise do néctar presente no papo. Para tal, após o corte da cabeça, com o auxílio de uma pinça, o abdómen da abelha era pressionado, recolhendo-se cerca de 4 μ L de néctar com uma micropipeta (Figura 3).



Figura 3. Recolha de Néctar do papo da abelha

Complementarmente, recolheu-se uma secção de favo em cada uma das colónias para posterior análise, no mesmo período de floração. As amostras obtidas foram submetidas a análises polínicas qualitativas e quantitativas, para determinar tanto a percentagem relativa como a concentração absoluta de pólen de *L. pedunculata* (número de grãos por 10 g de mel). A informação obtida destina-se a ilustrar a sub-representação polínica da *L. pedunculata* e a estimar os valores de concentração polínica desta espécie no mel necessária à sua classificação monofloral (Figura 4).



Figura 4. Esquema do delineamento experimental

2.3. Métodos analíticos melissopalínológicos

2.3.1. Análise qualitativa

O estudo qualitativo teve como finalidade identificar a origem botânica do pólen presente no néctar transportado pelas abelhas e caracterizar o seu comportamento de recolha floral. Para tal, foi realizado um levantamento da flora melífera local, a captura e observação das abelhas, e a identificação polínica ao microscópio.

As abelhas foram capturadas nas flores de *Lavandula pedunculata*, na entrada das colónias e analisadas ao microscópio, de forma a confirmar a presença ou ausência de néctar no papo e a verificar a presença e tipo de pólen.

Para cada colónia registou-se o número e a percentagem de abelhas enquadradas nas seguintes categorias:

- i. sem néctar no papo;
- ii. com néctar, mas sem pólen;
- iii. com néctar e pólen (único ou múltiplo);
- iv. com pólen de *Lavandula pedunculata* ou de outras espécies (*Cytisus*, *Anarrhinum*, *Jasione*...).

Estes registos foram organizados em tabelas por colónia (LH01–LH10), permitindo identificar as espécies mais visitadas e descrever os padrões de recolha.

O néctar recolhido do papo das abelhas foi transferido 4 μ L com micropipeta esterilizada para lâminas de microscopia, utilizando a lupa Olympus SZX 10, para melhor visualização. A cada amostra foi adicionada uma gota de solução de fucsina básica a 0,1% em etanol, sendo de seguida coberta com lamela (Figura 5).

A observação decorreu em microscópio ótico binocular Olympus CH-2 no qual a identificação dos tipos polínicos baseou-se nas características morfológicas (tamanho, forma, padrão, número e tipo de aberturas) comparando com a palinoteca de referência da PalDat (2025) e de MUPA (2018) (Anexo 2).

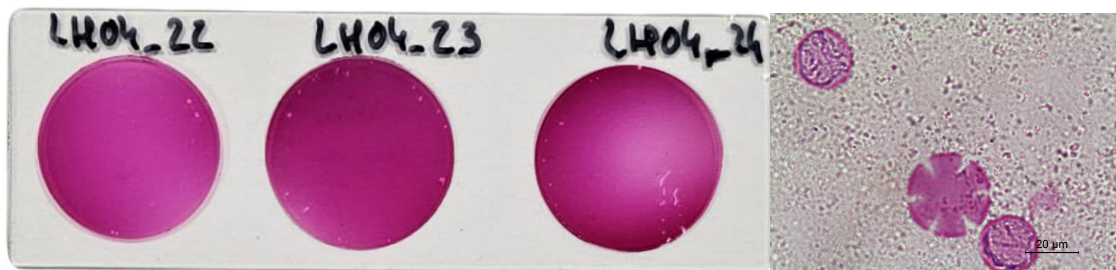


Figura 5. Lâminas preparadas para análise polínica (esquerda) e grão de pólen de *Lavandula pedunculata* observado ao microscópio ótico (direita).

2.3.2. Análise quantitativa

A análise quantitativa teve como objetivo determinar o número absoluto de grãos de pólen por 10 g de mel proveniente dos favos, com especial atenção para a espécie *Lavandula pedunculata*. O procedimento seguiu a metodologia descrita por (Ohe *et al.*, 2004), adaptada às condições do Laboratório LabApis (UTAD).

As etapas do processo estão ilustradas na Figura 6 e consistiram em:

1. Recorte e pesagem de fragmento de favo de mel (aprox. 2 × 2 cm) em balança de precisão;
2. Cobertura com água destilada e repouso até dissolução completa do mel;
3. Separação da cera do favo e cálculo do peso líquido de mel, pela diferença;
4. Adição de duas gotas de solução de fucsina básica a 0,1% em etanol e repouso por 5 minutos;
5. Filtração sob vácuo com filtros de uma membrana éster de celulose mista (MCE) de 25mm de diâmetro e porosidade de 3 µm;
6. Secagem do filtro, montagem em lâmina com resina apropriada (Histokitt) e cobertura com lamela.
7. Contagem microscópica dos grãos de pólenes usando as seguintes ampliações (Tabela 4):

Tabela 4. Ampliações e fator de conversão para cada microscópio

Microscópico			
Nicon FXA	Ampliação (40X) → Fator= 754	Ampliação (100X) → Fator= 4900	
Olympus CH-2	Ampliação (40X) → Fator= 1060	Ampliação (100X) → Fator= 6782	
Leika 1 e 2	Ampliação (40X) → Fator= 817	Ampliação (100X) → Fator= 5155	



Figura 6. Etapas do procedimento laboratorial de preparação de amostras de mel para análise polínica

A contagem dos grãos de pólen foi realizada em microscópios Nikon FXA, Olympus CH-2 e Leica, utilizando ampliações de 40X e 100X. Em cada preparação foram analisados 100 campos distribuídos em 10 linhas paralelas equidistantes, cobrindo uniformemente toda a superfície da preparação. Para cada favo realizaram-se 5 preparações e respetivas contagens.

Para o cálculo do número de grãos de pólen por 10g de mel (PG/10 g) utilizou-se a expressão proposta por (Ohe *et al.*, 2004):

$$PG/10 = \left(\frac{S \times n_{PG} \times 10}{s \times a \times p} \right) \times 10 \quad (1)$$

onde:

S – área da parte do filtro contendo o sedimento (mm²);

s – área de um campo microscópico na ampliação utilizada (mm²);

n_{PG} – número total de grãos de pólen contados;

a – número de campos microscópicos observados;

p – peso da amostra de mel (g).

Foi também determinada a humidade do mel de cada favo. Estes valores foram essenciais para a normalização dos resultados, permitindo expressar a concentração de grãos de pólen em função de 10 g de mel. O teor de humidade do mel foi determinado com refratómetro portátil (Figura 7). Cada amostra foi subdividida em cinco subamostras, registando-se o peso do favo + mel, peso da cera, peso do mel e valor de humidade



Figura 7. Refratómetro do mel portátil

A classificação melissopalínológica das amostras seguiu os critérios clássicos descritos por (Louveaux *et al.*, 1978), segundo os quais um mel é considerado monofloral quando o pólen da espécie dominante representa mais de 45 % do total. No caso de espécies sub-representadas, como *Lavandula pedunculata*, aplicou-se o limiar de 15 %, valor habitualmente aceite em Portugal e Espanha para méis de rosmaninho. Com o objetivo de testar a viabilidade de um critério alternativo de classificação, foi considerado de forma exploratória o valor de 10 000 grãos de *Lavandula pedunculata*/10 g de mel como hipótese de referência, inspirado nas classes de abundância propostas por von der Ohe *et al.* (2004). A aplicação deste limiar teve carácter experimental, destinando-se à análise comparativa dos resultados.

2.3.2.1 Processamento dos dados

Os dados analisados neste estudo tiveram três origens distintas:

- a) néctar recolhido do papo das abelhas à entrada da colónia, destinado à análise qualitativa e quantitativa dos tipos polínicos transportados;
- b) abelhas recolhidas diretamente em flores de *Lavandula pedunculata*, utilizadas para caracterizar a presença de néctar e de pólen e identificar as espécies polínicas associadas; e
- c) amostras de mel armazenado em secções de favos, utilizadas para quantificar a concentração absoluta e relativa de pólen.

As variáveis foram organizadas por colónia (LH01–LH10) e, no caso dos favos de mel, por repetição ($n = 5$), permitindo avaliar a variabilidade intra e intercolónia.

Os dados da análise polínica do mel em secções de favo foram submetidos à análise descritiva e estatística. Após esta análise os mesmos foram testados quanto à sua normalidade realizando testes de normalidade de Shapiro-Wilk. O valor p utilizado é uma medida estatística que indica a probabilidade de obter uma estatística teste (w) tão extrema quanto observada nos dados, assumindo que os dados seguem uma distribuição normal. O nível de significância (α) representa um valor de corte, um critério que definimos para rejeitar H_0 ou não. A definição do seu valor foi feita antes do teste, neste caso 0.05 (ou 5%), resultando duas hipóteses:

- i. $p \leq 0,05$, há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese (H_0) nula de que a variável segue uma distribuição normal. Nesse caso, concluímos que a variável não é normalmente distribuída;
- ii. $p > 0,05$, hipótese nula (H_0) não seria rejeitada, indicando que o teste não foi estatisticamente significativo.

Foi conduzida uma análise de variância (ANOVA) com um valor de p significativo ($p < 0.05$) para avaliar a diferença nas médias da concentração relativa e absoluta de pólen de *Lavandula* entre as diferentes colónias.

O software Rstudio (versão 4.5.1) foi utilizado para a análise estatística dos dados aqui apresentados neste trabalho.

3. Resultados

3.1. Análise Qualitativa

A análise qualitativa teve por base a observação de 10 colónias (LH01–LH10), correspondendo a um total de 350 abelhas amostradas. Para cada indivíduo registou-se a presença de néctar no papo, a ocorrência de pólen associado ao néctar e a diversidade de géneros polínicos identificados.

A Tabela 5 resume os resultados para cada colónia, distinguindo entre abelhas sem néctar, com néctar, com néctar sem pólen, com néctar contendo pólen, com pólen de uma única espécie ou de múltiplas espécies, assim como a frequência relativa de pólen de *Lavandula pedunculata* e o pólen mais frequentemente registado.

Tabela 5. Recolha do conteúdo do papo das abelhas na entrada da colónia. Todos os valores percentuais se referem à proporção de abelhas observadas em cada categoria, calculada em relação ao total de abelhas analisados por colónia (n=35)

Colónia	Tamanho da amostra	Abelhas sem néctar	Abelhas com néctar	Néctar sem pólen	Néctar com pólen	Néctar com pólen monoespécie	Pólen mais frequente monoespécie	Nectar com pólen multiespécie	Nectar com pólen <i>Lavandula</i>	Pólen mais frequente
LH01	n=35	3%	97%	23%	74%	34%	<i>Cytisus</i>	40%	23%	<i>Cytisus</i> (81%)
LH02	n=35	0%	100%	0%	100%	0%	--	100%	83%	<i>Lavandula</i>
LH03	n=35	0%	100%	3%	97%	6%	<i>Cytisus</i>	91%	50%	<i>Cytisus</i> (88%)
LH04	n=35	0%	100%	11%	89%	6%	<i>Lavandula</i>	83%	39%	<i>Cytisus</i> (84%)
LH05	n=35	3%	97%	14%	83%	17%	<i>Indeterminado</i>	66%	52%	<i>Cytisus</i> (72%)
LH06	n=35	3%	97%	11%	86%	10%	<i>Anarrhinum</i> ; <i>Lavandula</i> <i>Indeterminado</i>	77%	30%	<i>Jasione</i> (80%)
LH07	n=35	9%	91%	3%	89%	9%	<i>Anarrhinum</i>	80%	71%	<i>Anarrhinum</i> (87%)
LH08	n=35	0%	100%	9%	91%	23%	<i>Anarrhinum</i> ; <i>Lavandula</i>	69%	41%	<i>Anarrhinum</i> (69%)
LH09	n=35	3%	97%	9%	89%	20%	<i>Lavandula</i>	69%	55%	<i>Cytisus</i> (71%)
LH10	n=35	3%	97%	6%	91%	23%	<i>Anarrhinum</i>	69%	44%	<i>Anarrhinum</i> (63%)

A análise qualitativa permitiu caracterizar de forma detalhada o conteúdo do papo e a diversidade de pólen associado. A amostragem revelou que a grande maioria das abelhas recolhidas apresentava néctar (entre 91% e 100%). Estes resultados confirmam a intensa atividade de coleta durante o período de floração de *Lavandula pedunculata*. A distinção entre néctar com pólen monoespecífico e multiespecífico

mostrou-se particularmente relevante. O néctar com pólen de uma única espécie foi minoritário na maioria das colónias (0–34%), enquanto o néctar contendo pólen de múltiplas espécies foi predominante, com valores que atingiram 100% em LH02 e acima de 60% em várias colónias (LH03, LH05, LH06, LH07, LH08, LH09 e LH10).

No que respeita às espécies identificadas, observaram-se padrões distintos entre colónias. Nas colónias LH01, LH03, LH04, LH05 e LH09, o pólen do género *Cytisus* foi o mais representado, em LH02, destacou-se a presença maioritária de pólen de *Lavandula pedunculata*, que atingiu 83% das amostras com pólen, constituindo a principal origem observada nesta colónia. Já em LH06 predominou o pólen de *Jasione*, enquanto em LH07, LH08 e LH10 o pólen mais frequente foi de *Anarrhinum* spp.

Um aspeto particularmente relevante foi a presença de pólen de *Lavandula pedunculata* em todas as colónias estudadas. A sua frequência relativa, no entanto, revelou grande variação, oscilando entre 23% (LH01) e 83% (LH02).

A análise da proporção de abelhas com e sem néctar revelou que, em todas as colónias estudadas (LH01–LH10), a grande maioria das abelhas transportava néctar no papo durante o pico de floração (Figura 8).

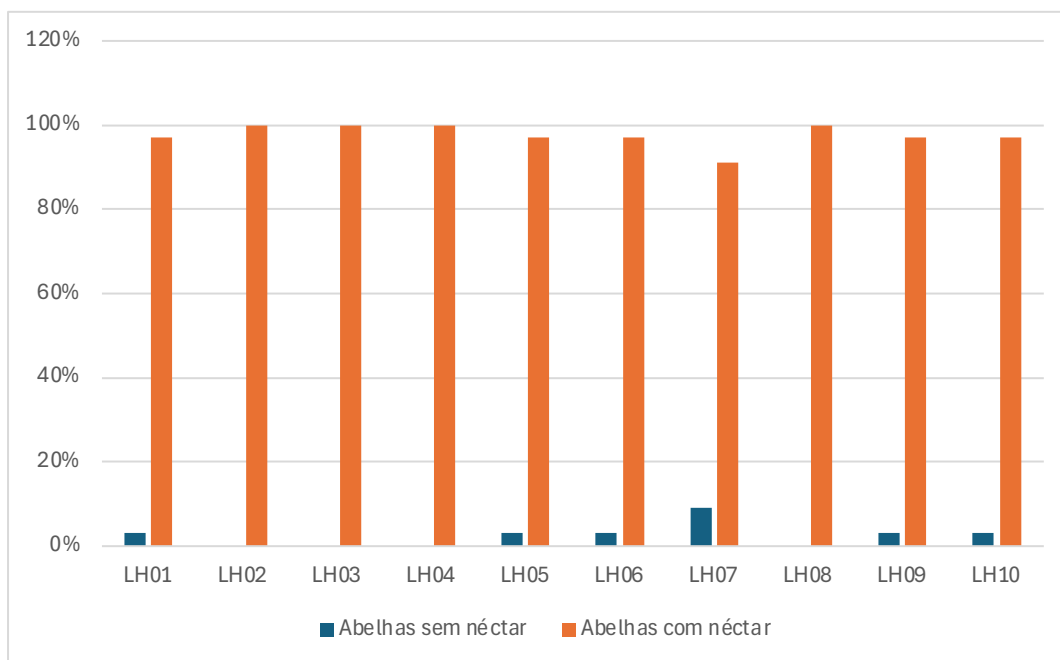


Figura 8. Percentagem de abelhas com e sem néctar por colónia (LH01–LH10)

Os valores variaram entre 91% (LH07) e 100% (LH02, LH03, LH04 e LH08), enquanto a percentagem de abelhas sem néctar foi residual, não ultrapassando os 9%. De forma consistente, as colónias LH01, LH05, LH06, LH09 e LH10 registaram valores intermédios (2–4% de abelhas sem néctar).

A análise da proporção de néctar com e sem pólen revelou diferenças consistentes entre as colónias amostradas (Figura 9).

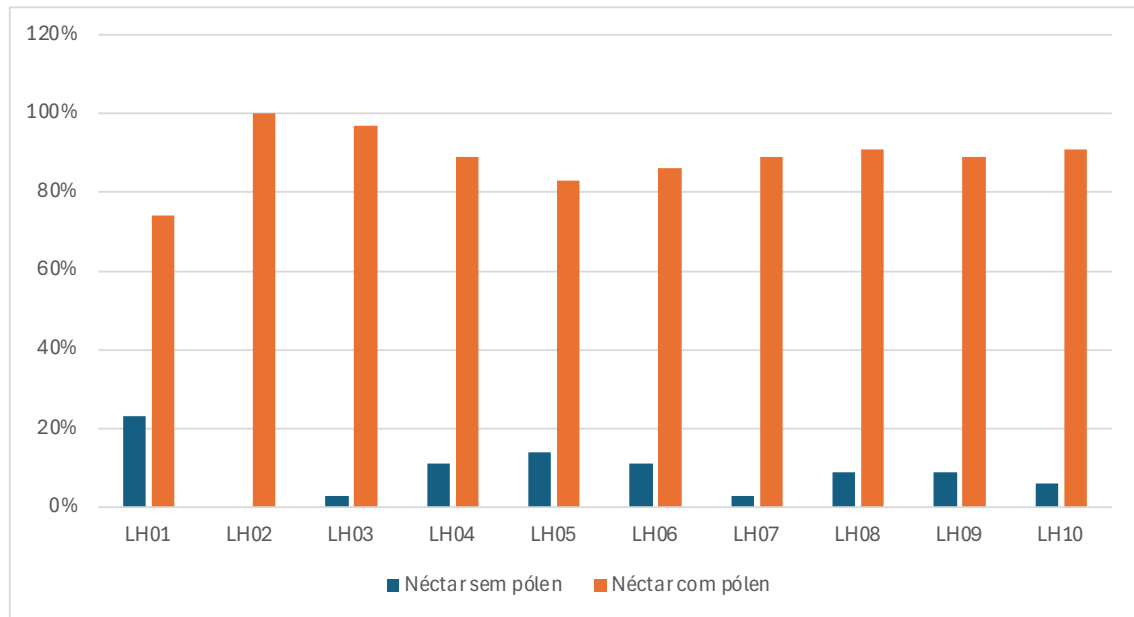


Figura 9. Proporção de néctar com e sem pólen por colónia (LH01-LH10)

Em todas as colónias, a maioria das abelhas apresentou néctar contendo pólen, com valores que variaram entre 74% (LH01) e 100% (LH02), enquanto o néctar sem pólen ocorreu em percentagens mais reduzidas, variando entre 0% (LH02) e 23% (LH01). A colónia LH02 destacou-se pela homogeneidade dos resultados, apresentando 100% das abelhas com néctar contendo pólen. Em contraste, colónias como LH01 e LH05 evidenciaram maior variabilidade, o que indica comportamentos diferenciados entre abelhas da mesma colónia quanto ao transporte de pólen.

Foram recolhidas trinta abelhas diretamente em flores de *Lavandula pedunculata*, em Vila Flor, com o objetivo de caracterizar e identificar as espécies polínicas observadas. A Tabela 6 apresenta a síntese dos resultados obtidos. Observou-se que a maioria das abelhas possuía néctar (97%) e pólen (77%), sendo que 17% transportavam pólen de uma única espécie e 60% apresentavam misturas polínicas.

Tabela 6. Síntese dos resultados das abelhas recolhidas em flores de *Lavandula pedunculata*.

Abelhas nas flores	Tamanho da amostra	Abelhas sem néctar	Abelhas com néctar	Néctar sem pólen	Néctar com pólen	Néctar com pólen monoespécie	Néctar com pólen multiespécie	Néctar com pólen Lavandula	Pólen mais frequente
	n=30	3%	97%	20%	77%	17%	60%	39%	Cytisus (87%)

A Figura 10 apresenta graficamente a distribuição dos tipos de pólen encontrados nas abelhas recolhidas em flores de *Lavandula pedunculata*. Verifica-se uma predominância do pólen de *Cytisus* (87%), seguido de *Lavandula* (39%) e de outras espécies como *Cistus* (26%), *Poaceae* (22%) e *Anarrhinum* (17%). Estes resultados indicam que, apesar de todas as abelhas terem sido capturadas em flores de *Lavandula*, muitas transportavam pólen de origens florais distintas, o que reflete a recolha diversificada de recursos florais.

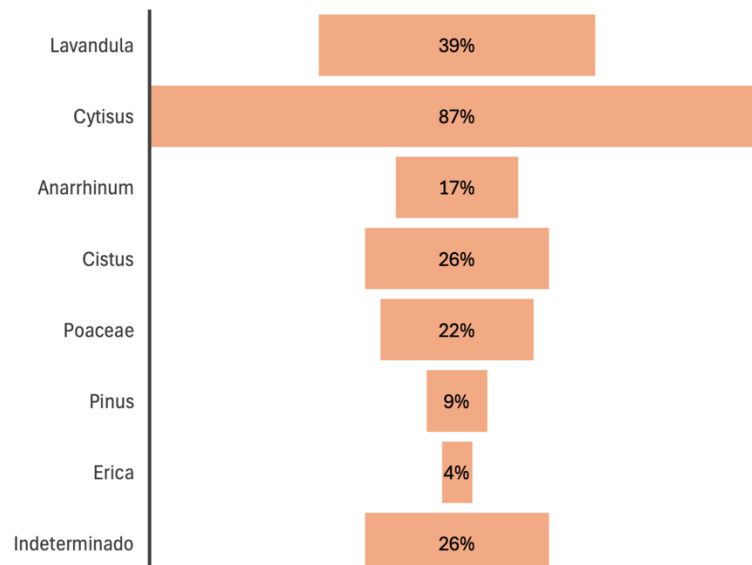


Figura 10. Distribuição dos tipos de pólen nas abelhas recolhidas em flores de *Lavandula pedunculata*. As percentagens referem-se à proporção de abelhas que transportavam pólen de cada espécie floral identificada

3.2. Análise polínica do mel em secções de favo

Após a caracterização qualitativa do pólen presente no néctar transportado pelas abelhas, procedeu-se à análise quantitativa das amostras de mel armazenado nos favos. Esta etapa teve como objetivo, por um lado determinar o número total de pólenes por 10 gramas de mel e a percentagem de pólen de *Lavandula*.

De acordo com a tabela 7, é possível analisar as medições realizadas em secções de favos de mel. Os valores médios de humidade variaram entre 13,4% (LH09) e 18,9% (LH02), encontrando-se todos dentro dos limites legais. Estes resultados confirmam que as amostras analisadas cumprem os critérios de qualidade exigidos (<20%), não apresentando risco acrescido de fermentação.

Tabela 7. Valores (médios± erro padrão) do peso do favo com mel, peso da cera, peso do mel e humidade (%) obtidos nas diferentes colónias analisadas.

Colónia	n	Peso médio Favo + Mel (g)	Peso médio da Cera (g)	Peso médio do Mel (g)	Humidade média (%)
LH01	5	5,542±0,267	1,756±0,176	3,786±0,410	17,2
LH02	5	6,124±0,569	2,270±0,330	3,854±0,272	18,9
LH03	5	5,806±0,248	1,574±0,177	4,252±0,311	15,5
LH04	5	7,676±1,951	2,054±0,292	5,622±1,825	15,7
LH05	5	5,888±0,602	1,992±0,225	3,896±0,803	15,7
LH09	5	6,786±0,592	1,988±0,350	4,798±0,262	13,4
LH10	5	5,268±0,085	2,132±0,213	3,136±0,186	14,5

Foi realizada uma análise descritiva das variáveis obtidas a partir das amostras de mel recolhidas nas sete colónias em estudo (LH01, LH02, LH03, LH04, LH05, LH09 e LH10), cada uma com cinco repetições (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros do mel analisamos por colónia. Apresentação dos resultados (média ± erro-padrão)

Colónia	n	Concentração total (grãos/por 10g)	Concentração de <i>Lavandula pedunculata</i> (grãos/por 10g)	% de <i>Lavandula</i> <i>pedunculata</i>
LH01	5	50686±7020	12099±2939	23±4
LH02	5	69998±3644	20579±8378	35±5
LH03	5	69758±8207	12839±9576	19±2
LH04	5	47687±8080	11823±3262	24±3
LH05	5	43037±4076	13284±2803	32±7
LH09	5	43984±1047	6833±1166	19±5
LH10	5	84215±3061	14414±2268	25±7

A análise quantitativa permitiu, assim, avaliar se as amostras cumpriam o critério clássico utilizado na classificação de méis monoflorais de *Lavandula* (≥15% de pólen da espécie) e testar a aplicação de um critério alternativo baseado na abundância absoluta de pólen de *Lavandula* (≥10.000 grãos/10 g de mel).

A análise permitiu observar que a concentração média total de pólen variou consideravelmente entre colónias, situando-se em todas as amostras dentro da Classe II (20.000–100.000 grãos/10 g), correspondente a méis pobres em pólen. As médias de concentração de *Lavandula* oscilaram entre aproximadamente 6.800 grãos (LH09) e mais de 21.000 grãos (LH02), enquanto as percentagens médias de *L. pedunculata* variaram entre 18,8% (LH03 e LH09) e 34,9% (LH02), encontrando-se todas acima do limiar de 15% (Figura 11).

Quando considerados todos os valores individuais, a concentração total variou entre cerca de 13.000 e 205.000 grãos/10 g, e a de *Lavandula* entre aproximadamente 3.000 e 52.000 grãos/10 g, evidenciando elevada variabilidade entre colónias e repetições.

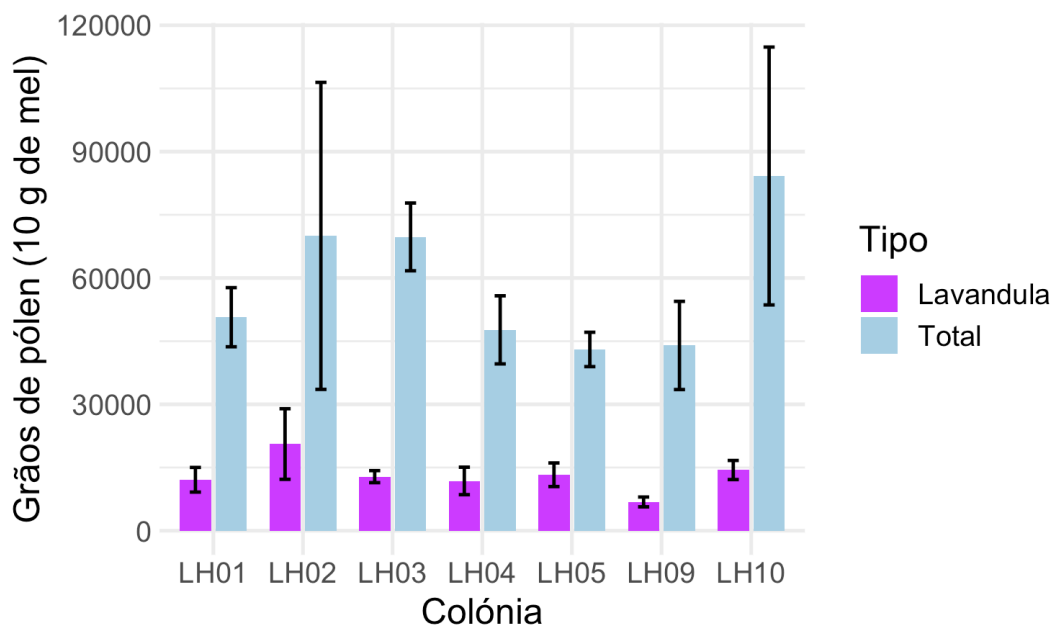


Figura 11. Concentração (média $\pm$ erro-padrão) de grãos de pólen total e de *Lavandula* (grãos/10 g de mel) nas diferentes colónias analisadas

A colónia LH02 apresentou maiores proporção de pólen de *Lavandula* ($\approx 35\%$), enquanto LH03 e LH09 apresentou a menor ($\approx 19\%$).

Após a análise descritiva dos dados, o teste de normalidade de Shapiro-Wilk retornou o valor da estatística ($W = 0.9696$; $p = 0.4316$), próximo de 1, indicando que os dados se assemelham a uma distribuição normal. De seguida, foi realizado um teste t para a amostra, de modo a comparar a média da percentagem de pólen de *Lavandula pedunculata* com o valor de referência internacional de 15% definido para a classificação de méis monoflorais sub-representados. Os resultados mostraram que a média observada (25,15%) foi significativamente superior ao valor de referência ($t(34) = 5,19$; $p < 0,001$), pelo que se rejeita a hipótese nula (H_0), a média é significativamente superior a 15%.

A Figura 12 apresenta a percentagem média de pólen de *Lavandula pedunculata* encontrada nas diferentes colónias analisadas.

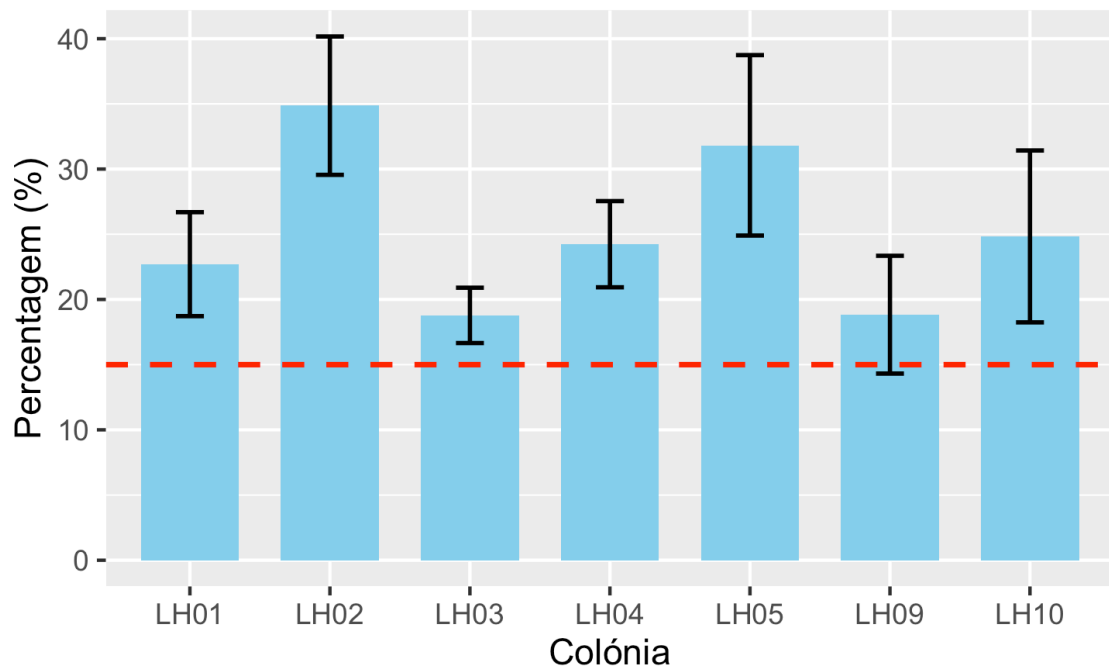


Figura 12. Percentagem média de pólen de *Lavandula pedunculata* por colónia. A linha a tracejado indica o limiar de 15%

Verificou-se que, em todas as colónias, os valores médios se situaram acima do limiar de 15% estabelecido pelas normas internacionais para a classificação de méis monoflorais, embora com alguma variabilidade entre colónias.

As percentagens médias oscilaram entre 18,8% (LH09) e 34,9% (LH02), destacando-se LH02 e LH03 como as colónias com maior representatividade. As barras de erro ($\pm$ erro padrão) evidenciam a variação intra colónia. Estes resultados sugerem que, apesar da variabilidade, o mel produzido apresenta níveis consistentes de *Lavandula* acima do critério mínimo de classificação.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) para avaliar as diferenças na percentagem de pólen de *L. pedunculata* entre as colónias não revelaram diferenças estatisticamente significativas ($F(6,28) = 1.54$, $p = 0.202$). Este resultado indica que, apesar da variabilidade observada entre colónias, a proporção média de pólen de *L. pedunculata* foi estatisticamente semelhante em todas elas. Assim, a variação detetada deve-se mais à variabilidade intra colónia do que a diferenças sistemáticas entre colónias.

A comparação entre as amostras de néctar do papo e do mel revelou diferenças na proporção relativa de pólen de *L. pedunculata* (Figura 13).

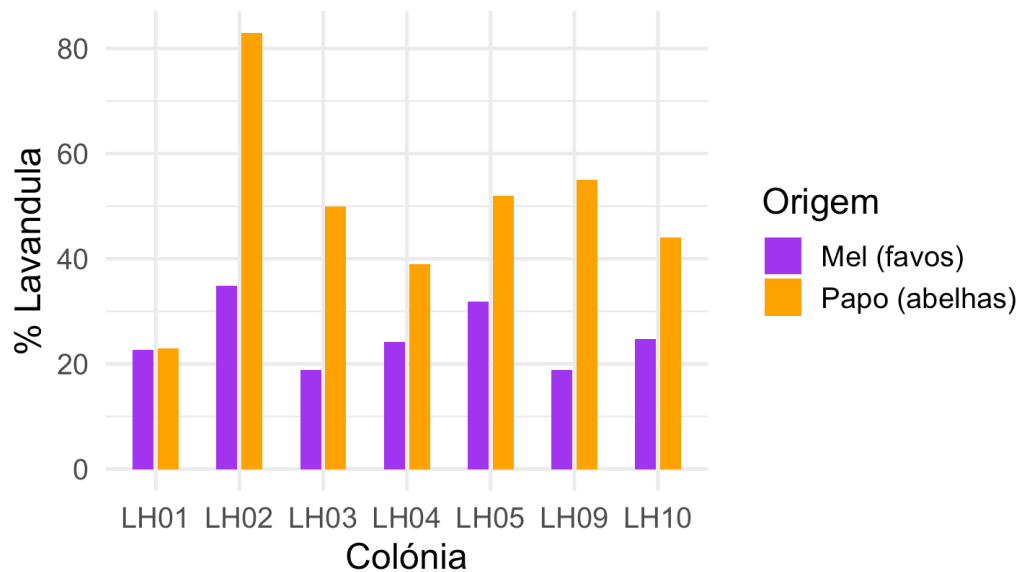


Figura 13. Comparação da % de grãos de pólen de *Lavandula* presentes no papo das abelhas e no mel armazenado nos favos, em diferentes colónias analisadas (LH01, LH02, LH03, LH04, LH05, LH09 e LH10)

Em algumas colónias, como LH02 e LH09, a percentagem de *L. pedunculata* foi substancialmente mais elevada nas abelhas forrageiras do que no mel armazenado, o que sugere mistura de néctares provenientes de diferentes espécies florais durante o armazenamento e maturação do mel. Por outro lado, em colónias como LH01, os valores registados no mel foram próximos dos observados nas abelhas, indicando maior consistência entre a fonte e o produto final. Estes resultados destacam que a composição polínica do mel nem sempre reflete diretamente o material recolhido pelas abelhas, sendo influenciada por diversos fatores como a mistura de néctares de diferentes origens durante a maturação.

Para complementar a análise qualitativa, procedeu-se à determinação da concentração absoluta de pólenes de *Lavandula* por 10 g de mel. Esta abordagem quantitativa tem como objetivo ultrapassar as limitações associadas ao método percentual tradicional, que pode subestimar a representatividade de determinadas espécies em amostras com baixa concentração total de pólen.

A concentração absoluta de grãos de pólen de *Lavandula pedunculata* apresentou variação considerável entre colónias (Figura 14).

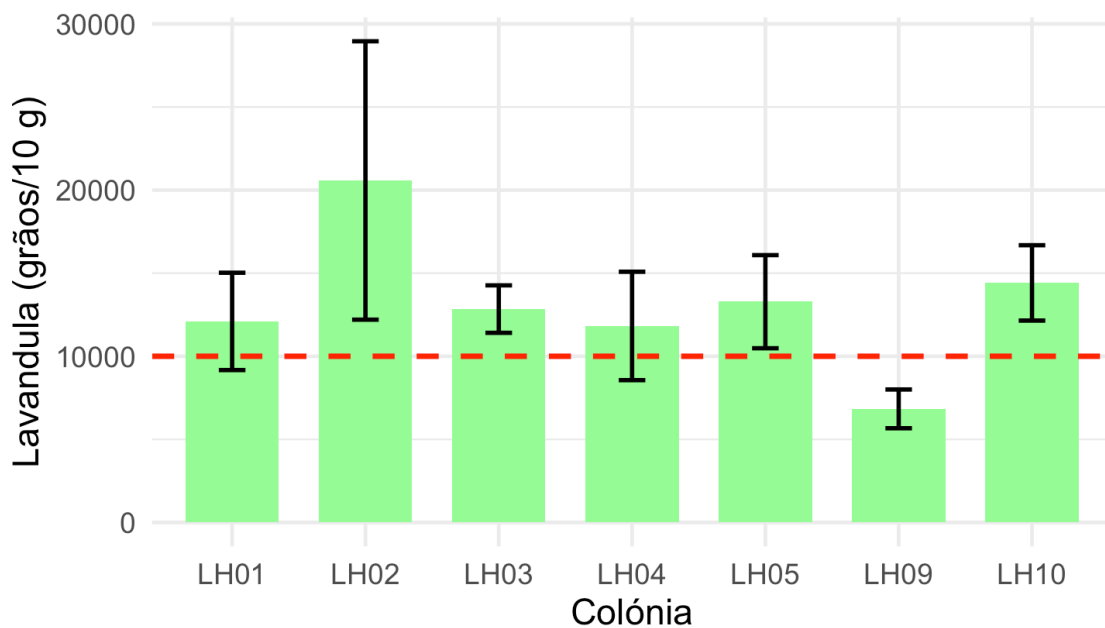


Figura 14. Concentração absoluta média de grãos de pólen de *Lavandula* ($\pm$ erro padrão) por colónia (LH01–LH10). A linha vermelha tracejada representa o limiar de 10.000 grãos/10 g de mel, proposto como valor de referência para avaliar a presença significativa de *Lavandula* no mel.

As médias oscilaram entre valores inferiores a 7.000 pólenes de *Lavandula* /10g de mel em LH09 e superiores a 20.000 pólenes / 10g em LH02. A linha de referência dos 10.000 pólenes de *Lavandula* / 10g de mel indica que a maioria das colónias analisadas se situou acima deste limiar, com exceção da LH09. Verificou-se ainda elevada variabilidade na colónia LH02 como evidenciado pelas barras de erro mais extensas, contrastando com a maior consistência observada em colónias como LH09 e LH03.

Estes resultados demonstram que, embora exista heterogeneidade entre colónias, de forma geral as concentrações de pólen de *L. pedunculata* foram superiores ao critério mínimo estabelecido.

A análise conjunta da percentagem relativa e da concentração absoluta de pólen de *Lavandula pedunculata* evidenciou diferenças entre as colónias (Figura 15).

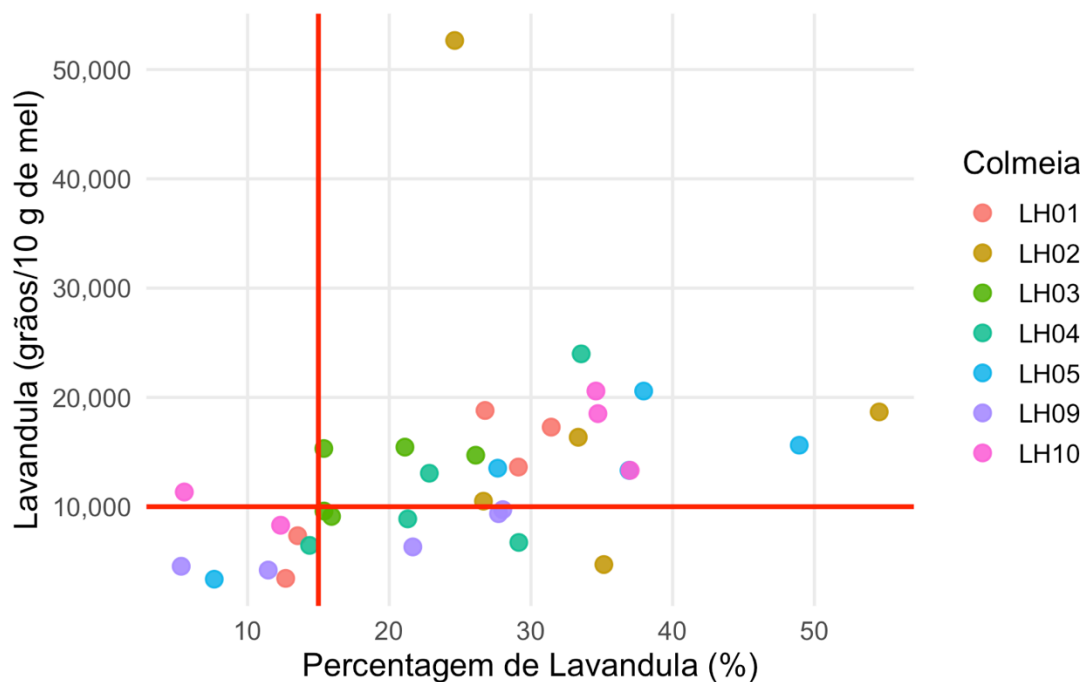


Figura 15. Relação entre a percentagem de pólen de *Lavandula pedunculata* e a concentração absoluta média de pólenes de *Lavandula* (grãos/10 g de mel) nas amostras individuais de mel provenientes das diferentes colónias. Cada ponto representa as repetições de uma colónia, sendo as cores atribuídas individualmente a cada colónia. A linha vermelha vertical indica o limite de 15% de pólen de *Lavandula*, enquanto a linha horizontal representa o critério alternativo de 10.000 grãos/10 g.

A Figura 15 mostra a relação entre a percentagem e a concentração absoluta de pólenes de *Lavandula pedunculata* em amostras individuais de mel. Observa-se uma dispersão considerável dos valores, tanto entre colónias como dentro de cada uma. A maioria das amostras situa-se entre 15% e 40% de *Lavandula* e entre 5.000 e 25.000 pólenes de *Lavandula* / 10 g, com apenas alguns pontos a ultrapassar claramente ambos os limiares de referência.

Em suma, as amostras das colónias LH02 e LH03 concentram-se maioritariamente no quadrante superior direito, indicando uma contribuição significativa de *Lavandula* e correspondendo a méis com perfil monofloral de rosmaninho. Já as amostras das colónias LH01, LH04, LH05 e LH10 distribuem-se próximas do limiar de 10.000 grãos/10 g, refletindo alguma variabilidade intra colónia na proporção de pólen de *Lavandula*. Por sua vez, a colónia LH09 apresenta valores mais baixos em ambas as métricas, indicando menor contributo desta espécie na composição polínica do mel.

Estes resultados reforçam a importância de considerar a concentração absoluta para evitar classificações erróneas do mel.

4. Discussão

Este trabalho teve como finalidade avaliar a aplicabilidade dos critérios melissopalínológicos clássicos na classificação de méis monoflorais portugueses, especialmente o mel de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*), e explorar a utilização de um critério alternativo baseado na concentração absoluta de pólen. De forma geral, os resultados mostraram que todas as amostras apresentaram valores acima do limiar mínimo de 15 % de pólen de *Lavandula pedunculata*, tradicionalmente aceite para espécies sub-representadas. No entanto, ao aplicar o valor de 10 000 pólenes de *Lavandula* / 10 g de mel, proposto neste trabalho como critério alternativo ao percentual, verificou-se que nem todas as amostras cumpriram esse requisito. Esta comparação evidencia diferenças entre os dois métodos de classificação e permite questionar a fiabilidade do critério percentual isolado em amostras com baixa concentração total de pólen.

A partir dos resultados é possível visualizar que a percentagem relativa de pólen de *L. pedunculata* nem sempre corresponde a uma presença expressiva em termos absolutos. Apesar disso, as percentagens relativas de *L. pedunculata* variaram entre 19 e 35%, valores superiores ao limiar de 15% estabelecido internacionalmente para a classificação de méis de rosmaninho (Ohe *et al.*, 2004). Esta discrepância demonstra que, em méis com baixa concentração total de pólen, a percentagem relativa pode assumir valores elevados mesmo quando a quantidade absoluta de pólen de *L. pedunculata* é reduzida. Assim, o critério percentual reflete apenas a proporção interna da amostra e não a contribuição efetiva da espécie em termos absolutos.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram críticas anteriores ao uso da percentagem relativa como critério de classificação de méis monoflorais. De acordo com (Demianowicz, 1961; Olga Escuredo *et al.*, 2014), este método pode conduzir a interpretações erróneas quando aplicado a méis com baixa concentração total de pólen, uma vez que pequenas quantidades absolutas de uma espécie podem originar percentagens elevadas apenas devido à escassez global de grãos na amostra. No presente trabalho, observou-se exatamente essa limitação: embora todas as amostras apresentassem mais de 15% de pólen de *Lavandula pedunculata*, as concentrações absolutas de pólen foram relativamente baixas. Assim, a classificação como monoflorais resultante do critério percentual não reflete necessariamente uma predominância real de *Lavandula* na composição polínica do mel, confirmando as limitações apontadas por esses autores.

Embora neste trabalho não tenha sido aplicada formalmente a metodologia dos índices polínicos, os resultados obtidos para *Lavandula pedunculata* evidenciam a pertinência de adotar uma abordagem baseada na quantificação absoluta do pólen. Neste contexto, foi proposto o valor de 10 000 grãos/10 g de mel como referência teórica, com o objetivo de testar a viabilidade de um critério alternativo ao tradicional limiar percentual de 15 %. Os resultados obtidos para *Lavandula pedunculata* evidenciam a pertinência de adotar uma abordagem baseada na quantificação absoluta do pólen.

A análise das abelhas recolhidas diretamente em flores de *Lavandula pedunculata* permitiu compreender melhor a relação entre o comportamento de recolha e a composição polínica observada no mel. Apesar de quase todas as abelhas transportarem néctar (97 %) e uma elevada proporção conter também pólen (77 %), apenas uma parte apresentava pólen de *Lavandula* (39 %), sendo o pólen de *Cytisus* o mais frequente (87 %), seguido de *Lavandula*, *Cistus*, *Poaceae* e *Anarrhinum*. Estes resultados mostram que, mesmo quando visitam intensivamente flores de *Lavandula*, as abelhas não se limitaram a essa fonte floral, explorando outras espécies disponíveis na paisagem. Esta diversidade de origens florais ajuda a explicar a composição multiespecífica do mel e a variação entre colónias, bem como a discrepância entre os critérios de classificação, uma vez que a percentagem de pólenes de *Lavandula* pode refletir a frequência de visitas, mas não necessariamente a predominância efetiva da espécie no produto final.

Outro aspeto importante foi a variabilidade observada entre as colónias. Embora a ANOVA não tenha mostrado diferenças estatisticamente significativas na percentagem média de pólen de *Lavandula* entre as colónias, observou-se uma amplitude de valores considerável, de 18,8% (LH09) até 34,9% (LH02). Em termos de concentração absoluta, observou-se também uma variação considerável entre colónias, com valores que oscilaram entre menos de 7 000 grãos/10 g (LH09) e mais de 21 000 grãos/10 g (LH02). Esta amplitude evidencia diferenças na quantidade total de pólenes presente no mel produzido por cada colónia, refletindo possíveis variações na intensidade de recolha durante o período de colheita. A heterogeneidade observada entre colónias pode estar relacionada com variações espaciais e temporais na disponibilidade de recursos florais. A presença de flora concorrente, como *Cytisus*, *Anarrhinum*, e outras identificadas no mel das colónias analisadas mostra que a *Lavandula* não foi sempre a espécie preferida, apesar de estar amplamente disponível.

A comparação entre o pólen recolhido no papo das abelhas e o pólen presente no mel armazenado revelou diferenças relevantes entre colónias. Em algumas (LH02, LH09), a proporção de pólen de *Lavandula pedunculata* foi superior nas abelhas, enquanto noutras (LH01, LH10) os valores foram mais próximos, indicando maior correspondência entre a fonte floral e o produto final. Estas variações podem ser explicadas por um conjunto de fatores interligados. Em primeiro lugar, as abelhas recolhem néctares de diferentes espécies florais ao longo do dia, o que resulta numa mistura progressiva de origens florais dentro da colónia. Em segundo lugar, o pólen presente no mel não provém apenas do néctar transportado, mas também pode ser introduzido por contacto físico com o corpo das abelhas (Louveaux *et al.*, 1978; Maurizio, 1939). A fase de maturação do mel, durante a qual os néctares de diversas coletas se entrelaçam nos favos, representa um fator adicional de variabilidade. Assim, a composição polínica do mel reflete não apenas as preferências florais das abelhas, mas também o conjunto de processos biológicos e sociais que ocorrem dentro da colónia. O mel deve, portanto, ser interpretado como o produto de uma mistura integrada de origens florais, e não como uma reprodução direta do material recolhido no campo.

A discrepância entre os critérios e a variabilidade intra e intercolónias traz implicações práticas para a classificação de méis monoflorais em Portugal. A utilização de valores de referência desenvolvidos para espécies de outras regiões (como *L. angustifolia* na Europa Central) pode não se aplicar à realidade portuguesa, designadamente à *L. pedunculata*. Conforme demonstrado neste estudo, o critério percentual pode sobrevalorizar a contribuição de *Lavandula*, classificando como monoflorais méis que apresentam baixa abundância absoluta de pólen. Perante isto, defende-se que a classificação nacional de méis de rosmaninho considere um critério alternativo, substituindo a percentagem mínima de 15% por um valor de concentração absoluta (≥ 10.000 grãos/10 g, como proposto neste trabalho). Este tipo de análise não só reduziria classificações erróneas como reforçaria a credibilidade dos selos de qualidade, fundamentais para a valorização dos produtos apícolas portugueses em mercados exigentes.

A distribuição dos valores apresentados na Figura 15 evidencia uma dissociação clara entre a percentagem de pólen de *Lavandula pedunculata* e a sua concentração absoluta no mel. Esta relação demonstra que um valor percentual elevado não implica necessariamente uma abundância real de pólen, sobretudo em méis com baixo teor total de pólenes. Assim, o critério clássico, baseado na percentagem relativa, tende a sobrevalorizar a importância de *Lavandula* em méis pobres em pólen, conduzindo a classificações artificiais de monofloralidade.

A análise quantitativa, expressa pela contagem de grãos de pólenes por 10 g de mel, mostrou ser uma alternativa metodológica mais rigorosa, pois traduz diretamente a contribuição efetiva de cada espécie floral. O limiar experimental de 10 000 grãos/10 g revelou que algumas amostras, embora classificadas como monoflorais segundo o critério percentual, apresentavam uma presença efetiva reduzida de *Lavandula*, demonstrando a limitação do método tradicional.

Futuramente, será importante alargar a amostragem a outras regiões e anos, e definir valores de referência nacionais para a concentração absoluta de pólen em espécies-chave, reforçando a robustez da certificação dos méis portugueses.

Em síntese, este estudo comprova que a substituição do critério percentual por um critério quantitativo absoluto constitui uma via mais robusta para a classificação dos méis de rosmaninho. A adoção deste tipo de abordagem, ajustada à realidade da flora portuguesa, contribuirá para uma definição mais consistente da monofloralidade e para a valorização científica e comercial dos produtos apícolas nacionais.

Conclusão

Este trabalho permitiu avaliar a adequação dos critérios melissopalínológicos clássicos aplicados à classificação de méis monoflorais portugueses, tomando como exemplo o mel de rosmaninho (*Lavandula pedunculata*). Os resultados obtidos permitem retirar diversas conclusões significativas. Em primeiro lugar, todas as amostras analisadas apresentaram percentagens de pólen de *L. pedunculata* superiores ao limiar de 15% estabelecido internacionalmente para este género, considerado sub-representado em termos da relação néctar/pólen. Neste estudo, foi proposto, de forma experimental, o valor de 10 000 grãos/10 g de mel como hipótese de trabalho para testar a utilidade de um critério alternativo baseado na concentração absoluta de pólen. A comparação entre ambos os métodos evidenciaram que algumas amostras, embora cumprissem o critério percentual, apresentaram valores absolutos inferiores a esse limiar teórico. Tal resultado sugere que o critério percentual pode, em certas circunstâncias, conduzir a classificações menos representativas da contribuição real de *Lavandula*, sobretudo em méis com baixa carga polínica total.

Outro ponto importante foi a variabilidade observada entre as colónias, que se manifestou tanto na percentagem relativa de *Lavandula pedunculata* quanto na sua concentração absoluta no mel. Tal variabilidade sugere que fatores como o comportamento das abelhas na coleta, a diferente disponibilidade local de flores, as interações ecológicas, entre outras, podem impactar fortemente o perfil polínico do mel, mesmo em áreas onde o rosmaninho é predominante. A comparação entre o pólen presente no papo das abelhas e o pólen identificado no mel revelou padrões distintos entre colónias: em algumas, como LH02 e LH09, a proporção de *L. pedunculata* foi substancialmente mais elevada no papo das abelhas do que no mel, sugerindo um processo de transformação do néctar; noutras, como LH01 e LH10, os valores foram semelhantes, indicando maior consistência entre a fonte floral e o produto final. Estes resultados apoiam a ideia de que o mel resulta de uma combinação de néctares de origens diversas, acumulados e maturados no interior da colónia.

Os resultados obtidos neste estudo evidenciam que a aplicação do critério percentual pode não refletir adequadamente a composição real dos méis portugueses, particularmente no caso de *Lavandula pedunculata*. A discrepância observada entre a percentagem relativa e a concentração absoluta de pólen indica que a classificação baseada em proporções pode conduzir a interpretações pouco representativas da origem floral efetiva. Assim, os dados aqui apresentados sustentam a necessidade de

aprofundar a investigação sobre critérios alternativos, nomeadamente baseados na quantificação absoluta de pólen, de modo a avaliar a sua aplicabilidade à flora nacional. Essa mudança poderia fortalecer a credibilidade da certificação e valorizar os méis portugueses em mercados mais exigentes, garantindo maior transparência para produtores e consumidores.

É importante realçar que, atualmente os dados disponíveis para análise são provenientes de um único local e ano. Portanto, em investigações futuras devem expandir a amostragem para diferentes regiões e anos, incluir análises físico-químicas e sensoriais, e estabelecer valores de referência nacionais para espécies-chave como *Lavandula pedunculata*.

Em suma, este estudo reafirma a importância da melissopalínologia como ferramenta para caracterizar os méis portugueses, enquanto ressalta a necessidade de critérios mais robustos e adaptados à flora nacional. Ao propor uma abordagem que use a concentração absoluta de pólen, este trabalho contribui para a valorização do mel de rosmaninho e para a consolidação da qualidade e autenticidade dos produtos apícolas em Portugal, abrindo caminho para futuras investigações que reforcem a conexão entre ciência, certificação e mercado.

Referências Bibliográficas

- Alqarni, A., Owayss, A., Mahmoud, A., & Hannan, M. (2014). Mineral content and physical properties of local and imported honeys in Saudi Arabia. *Journal of Saudi Chemical Society*, 18, 618–625. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2012.11.009>. Acedido no dia 12 de setembro.
- Andrade, P. B., Roque, O. L., & Cunha, P. (1994). *Characterization of portuguese honeys by their phenolic acids composition*. *Polyphen. Actual.*, (11), 52. [Interview].
- Caveiro, E. (2017). *Caracterização de méis comerciais rotulados com a designação de mel de urze* <http://hdl.handle.net/10198/15037>
- Cheshire, F. R. (1886). *Bees & bee-keeping; scientific and practical. A complete treatise on the anatomy, physiology, floral relations, and profitable management of the hive bee*. L. U. Gill.
- Crane, E. (2009). Chapter 19 - Beekeeping. In V. H. Resh & R. T. Cardé (Eds.), *Encyclopedia of Insects (Second Edition)* (pp. 66–71). Academic Press. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00019-9> Acedido no dia 8 de junho.
- Demianowicz, Z. (1961). Pollenkoeffizienten als Grundlage der quantitativen Pollenanalyse des Honigs. *Pszczel. Zesz. nauk.* 5(2) : 95-105.
- Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M., & Seijo, M. C. (2014). Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon. *Food Chemistry*, 149, 84–90. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.097>. Acedido no dia 8 de junho
- Escuredo, O., Seijo, M. C., Rodríguez-Flores, M. S., & Míguez, M. (2014). Characterization of unifloral honeys from northwest Spain. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(2), 430–437.
- FAO. (1996). *Food and Agriculture Organization. Manual - Value-added products from beekeeping*. Disponível em: <https://www.fao.org/4/w0076e/w0076e00.htm#con> Acedido no dia 8 de setembro.
- Fehlmann, F. (1911). Beiträge zur mikroskopischen Analyse von Honig. *Archiv für Bienenkunde*, 3, 113–124.
- Flora-on. (2025). *Flora de Vila Flor*. Disponível em: <https://flora-on.pt/#/1vila+flor> Acedido no dia 11 de março.
- Florestas. (2020). *Quais as espécies que estão na origem do mel português?* Disponível em: <https://florestas.pt/conhecer/quais-as-especies-que-estao-na-origem-do-mel-portugues/>

- FNAP. (2024, 23 de março. Santarém). *Seminário “Valorização da Produção – Méis com DOP”*.
- GPP. (2016). Programa Apícola Nacional (2017-2019).
- GPP. (2019). Programa Apícola Nacional 2020-2022.
- Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>. Acedido no dia 20 de maio
- Machado, A., Vilas-Boas, M., G., M. M., & C., F. A. (2022). Méis monoflorais Portugueses. Contribuição para a caracterização físico-química, composição volátil e avaliação das propriedades biológicas. *Voz do Campo* 262: 82-84 (secção Agrociência vii-ix)., 262, 82-84.
- Machado, A. M., Miguel, M. G., Vilas-Boas, M., & Figueiredo, A. C. (2020). Honey Volatiles as a Fingerprint for Botanical Origin—A Review on their Occurrence on Monofloral Honeys. *Molecules*, 25(2), 374.
- Machado, A. M., Tomás, A., Russo-Almeida, P., Duarte, A., Antunes, M., Vilas-Boas, M., Graça Miguel, M., & Cristina Figueiredo, A. (2022). Quality assessment of Portuguese monofloral honeys. Physicochemical parameters as tools in botanical source differentiation. *Food Research International*, 157, 111362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111362>
- Maurizio, A. (1939). Beurteilung von Honigproben durch Pollenanalyse. *Schweizerische Bienenzeitung*, 62, 327–335.
- Ministério da Agricultura, D. R. e. P. (2003). Decreto-Lei nº 214/2003 de 18 de Setembro, Diário da República nº 216 –Iª Série A, Ministério da Agricultura Desenvolvimento Rural e Pescas. (Lisboa).
- MUPA, M. d. (2018). Atlas de Pólen da Universidade de Montpellier. OSU OREME. (Coleção). <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.15148/bca4022a-4db1-48ec-a212-8bd28c4cb2df>
- Ohe, W., Oddo, L., Piana, M., Morlot, M., & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2004050>, 35. Acedido no dia 12 de setembro.
- PalDat. (2025). *a palynological database*. (2000 onwards, www.paldat.org)
- Russo Almeida, P., Tomás, A., & Vilas-Boas, M. (2024). *Melissopalynology review: a proposal to improve pollen criteria in the identification of monofloral honeys*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34858.02240>

- Silva, L. R., Sousa, A., & Taveira, M. (2017). Characterization of Portuguese honey from Castelo Branco region according to their pollen spectrum, physicochemical characteristics and mineral contents. *J Food Sci Technol*, 54(8), 2551–2561. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2700-y>
- Soares, S., Amaral, J. S., Oliveira, M., & Mafra, I. (2017). A Comprehensive Review on the Main Honey Authentication Issues: Production and Origin. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 16(5), 1072–1100. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12278>
- Todd, F. E., & Vansell, G. H. (1942). Pollen loads of the honeybee. *Journal of Economic Entomology*, 35(3), 379–388.
- Tulu, D., Aleme, M., Mengistu, G., Bogale, A., Bezabeh, A., & Mendesil, E. (2023). Melissopalynological analysis and floral spectra of *Apis mellifera scutellata* Lepelletier bees in different agroecologies of southwest Ethiopia. *Heliyon*, 9(5), e16047. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16047>
- Valbom, I. M. P. M. (2016). *Caracterização de amostras de mel por next generation sequencing* Universidade de Lisboa]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/25972>
- W. Shuel, R. (1964). L'influence des facteurs externes sur la production du nectar. *Les Annales de l'Abeille*, 7(1), 5–12.
- Young, O. (1908). Microscopic analysis of honey: The pollen method. *American Bee Journal*, 48(12), 243–245.
- Zander, E. (1935, 1937, 1941, 1949, 1951). Contributions to determining the origin of honey. Pollen composition and determining the origin of blossom honey, Vol. I Berlin, Published by the Reich Beekeepers' Association.

Anexos

Anexo 1 | Inventário de espécies polínicas

Ordem	Especie	Familia	Jan_1Q	Jan_2Q	Fev_1Q	Fev_2Q	Mar_1Q	Mar_2Q	Abr_1Q	Abr_2Q	Mai_1Q	Mai_2Q	Jun_1Q	Jun_2Q	Jul_1Q	Jul_2Q	Ago_1Q	Ago_2Q	Set_1Q	Set_2Q	Out_1Q	Out_2Q
50	<i>Spergula arvensis</i> L.	Caryophyllaceae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
49	<i>Rorippa sylvestris</i>	Brassicaceae	1	1	1		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
28	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.)	Brassicaceae			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
51	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Caryophyllaceae			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
36	<i>Geranium molle</i> L.	Geraniaceae			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
52	<i>Teesdalia nudicaulis</i> (L.) R.Br.	Brassicaceae			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
18	<i>Raphanus raphanistrum</i> subsp. <i>raphanistrum</i>	Brassicaceae				1	1	1	1	1	1	1	1	1								
10	<i>Cistus ladanifer</i> L.	Cistaceae			1	1	1	1	1	1	1	1	1									
19	<i>Senecio lividus</i> L.	Asteraceae			1	1	1	1	1	1	1											
17	<i>Quercus rotundifolia</i> Lam.	Fagaceae				1		1	1	1												
6	<i>Quercus suber</i>	Fagaceae				1			1	1	1											
31	<i>Coleostephus myconis</i> (L.) Rchb.f.	Asteraceae					1	1	1	1	1	1	1	1	1							
2	<i>Galactites tomentosus</i>	Asteraceae					1	1	1	1	1	1	1	1								
13	<i>Echium plantagineum</i> L.	Boraginaceae					1	1	1	1	1	1	1	1								
26	<i>Brassica barrelieri</i> (L.) Janka	Brassicaceae					1	1	1	1	1	1	1	1								
33	<i>Cytisus multiflorus</i> (L'Her.) Sweet	Fabaceae					1	1	1	1	1	1	1	1								
37	<i>Geranium purpureum</i> Vill.	Geraniaceae					1	1	1	1	1	1	1	1								
60	<i>Cistus salviifolius</i> L.	Cistaceae					1	1	1	1	1	1	1	1								
25	<i>Asterolinon linum-stellatum</i> (L.)	Primulaceae					1	1	1	1	1	1	1									
12	<i>Crepis vesicaria</i> subsp. <i>taraxacifolia</i>	Asteraceae					1	1	1	1	1											
48	<i>Ranunculus ollisiponensis</i>	Ranunculaceae					1	1	1	1	1											
21	<i>Viola kitaibeliana</i> Schult.	Violaceae					1	1	1	1	1											
54	<i>Anemone palmata</i> L.	Ranunculaceae					1	1	1	1												
29	<i>Carduus tenuiflorus</i> Curtis	Asteraceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
45	<i>Phagnalon saxatile</i> (L.) Cass.	Asteraceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
27	<i>Bunias erucago</i> L.	Brassicaceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
53	<i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr.	Cistaceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
16	<i>Ornithopus compressus</i> L.	Fabaceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
15	<i>Geranium lucidum</i> L.	Geraniaceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
43	<i>Papaver dubium</i> L.	Papaveraceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
44	<i>Papaver rhoeas</i> L.	Papaveraceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
14	<i>Galium aparine</i> L.	Rubiaceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
7	<i>Silene gallica</i> L.	Caryophyllaceae						1	1	1	1	1	1	1	1							
32	<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	Rosaceae						1	1	1	1											
9	<i>Calendula arvensis</i>	Asteraceae						1	1													
46	<i>Plantago lanceolata</i> L.	Plantaginaceae							1	1	1	1	1	1	1	1						
55	<i>Arenaria montana</i>	Caryophyllaceae							1	1	1	1	1	1	1							
20	<i>Vicia angustifolia</i> L.	Fabaceae							1	1	1	1	1	1	1							
34	<i>Cytisus striatus</i>	Fabaceae							1	1	1	1	1	1	1							
3	<i>Lavandula pedunculata</i>	Lamiaceae							1	1	1	1	1	1	1							
57	<i>Bartsia trixago</i> L.	Orobanchaceae							1	1	1	1	1	1	1							
1	<i>Anarrhinum duriminum</i>	Plantaginaceae							1	1	1	1	1	1	1							
42	<i>Osyris alba</i> L.	Santalaceae							1	1	1	1	1	1	1							
38	<i>Halimium umbellatum</i> (L.) Spach	Cistaceae							1	1	1	1	1	1								
47	<i>Quercus faginea</i> Lam.	Fagaceae							1	1	1											
24	<i>Anthemis arvensis</i> L. ssp. <i>arvensis</i>	Asteraceae									1	1	1	1	1							
39	<i>Jasione montana</i> L.	Campanulaceae									1	1	1	1	1							
11	<i>Cistus psilosepalus</i>	Cistaceae									1	1	1	1	1							

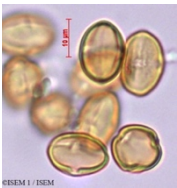
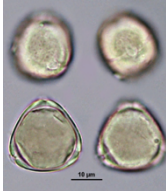
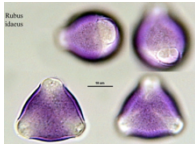
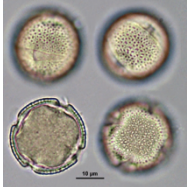
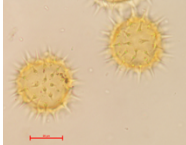
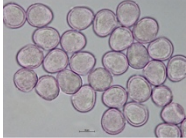
Figura 16. Inventário de plantas melíferas identificadas no local de estudo

A listagem inclui ligações diretas para consulta individual de cada espécie. Para maior detalhe, encontra-se disponível em formato PDF integral, acessível através do código QR ao lado, permitindo ao leitor explorar a versão completa e interativa do inventário.



Anexo 2 | Caracterização de pólenes vistos ao microscópio

Tabela 9. Caracterização visual de algumas plantas melíferas e respetivos pólenes vistos ao microscópio. Adaptado de: (MUPA, 2018; PalDat, 2025)

Planta	Nome científico	Pólen ao microscópio
Alecrim 	<i>Rosmarius officinalis</i>	
Castanheiro 	<i>Castanea sativa</i>	
Eucalipto 	<i>Eucalyptus globulus</i>	
Framboesa 	<i>Rubus idaeus</i>	
Laranjeira 	<i>Citrus</i> spp.	
Girassol 	<i>Helianthus annuus</i>	
Soagem 	<i>Echium</i> spp.	
Urze 	<i>Erica</i> spp.	
Rosmaninho 	<i>Lavandula stoechas</i>	