

## Geometric morphometrics approach of wings of *Apis mellifera* L. from the Azores

Ferreira, Helena<sup>1</sup>; Machado, Clycie<sup>2</sup>; Costa, Claudinéia<sup>3</sup>; Francoy, Tiago<sup>4</sup>; Pinto, M. Alice<sup>5</sup>

<sup>1</sup> helenamf93@gmail.com, Instituto Politécnico de Bragança, Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Bragança, Portugal.

<sup>2</sup> clyciemachado@mail.com, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão-Preto, Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>3</sup> neia\_pcosta@yahoo.com.br, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>4</sup> tfrancoy@usp.br, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil

<sup>5</sup> apinto@ipb.pt, Instituto Politécnico de Bragança, Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Bragança, Portugal.

Honey bee (*Apis mellifera*) colonies sampled across 8 islands of the Azores were assessed for the first time using a geometric morphometrics approach of the wing shape. The wings of 473 colonies (5 individuals per colony) from the Azores were mounted in a slide and photographed. Additionally, the wings of 711 colonies of *A. m. iberiensis*, 11 colonies of *A. m. ligustica*, and 15 colonies of *A. m. carnica* were used as reference samples. To extract shape information, 19 anatomical landmarks were plotted in the vein intersections across the wing structures of all individuals. The analyses of wing shape were performed in MorphoJ using the Procrustes superimposition method. Shape differences were investigated through multivariate statistical analysis. The results obtained with geometric morphometrics revealed the power of landmark-based methods to discriminate different honey bee populations from the Azores, and also to distinguish them from the subspecies of the reference collection. The wing morphometric patterns showed that while, overall, populations from the Azores exhibited a closer relationship with *A. m. iberiensis*, some populations, especially those from Graciosa, tend to be clustered closer to *A. m. ligustica* and *A. m. carnica*. The founder effect resulting from introductions of *A. mellifera* in historical times together with the particular insular environment, the barrier to gene flow due to geographical isolation and the contemporary human-assisted gene flow associated with the beekeeping activity have possibly shaped the diversity patterns observed today in the Azores.

This research was partially supported by the project BEEHEAL. BEEHEAL is funded through the ARIMNet2 (2016) Call by the following funding agencies: INIA (Spain), ANR (France), MOARD (Israel), and FCT (Portugal). ARIMNet2 (ERA-NET) has received funding from the European Union's Seventh Framework Programme for research, technological development and demonstration under grant agreement no. 618127.

**Key-words:** *Apis mellifera*; Azores; geometric morphometrics

## Morfometria geométrica aplicada ao estudo das asas *Apis mellifera* L. dos Açores

Ferreira, Helena<sup>1</sup>; Machado, Clycie<sup>2</sup>; Costa, Claudinéia<sup>3</sup>; Francoy, Tiago<sup>4</sup>; Pinto, M. Alice<sup>5</sup>

<sup>1</sup> helenamf93@gmail.com, Instituto Politécnico de Bragança, Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Bragança, Portugal.

<sup>2</sup> clyciemachado@mail.com, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão-Preto, Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>3</sup> neia\_pcosta@yahoo.com.br, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Brasil

<sup>4</sup> tfrancoy@usp.br, Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil

<sup>5</sup> apinto@ipb.pt, Instituto Politécnico de Bragança, Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Bragança, Portugal.

Populações de abelha melífera (*Apis mellifera*) foram avaliadas pela primeira vez no arquipélago dos Açores usando a morfometria geométrica aplicada à forma das asas. As asas de abelhas de 473 colónias (5 por colónia) foram montadas numa lâmina e fotografadas. Para além destas, asas de abelhas de 711 colónias de *A. m. iberiensis*, 11 de *A. m. ligustica* e 15 de *A. m. carnica* foram usadas como subespécies de referência. Para extrair informação sobre a forma, 19 marcos anatómicos foram colocados nas intersecções das veias ao longo da estrutura das asas de todos os indivíduos. As análises da forma da asa foram realizadas no MorphoJ usando o método de sobreposição de Procrustes. As diferenças na forma da asa entre indivíduos foram analisadas recorrendo a métodos de estatística multivariada. Os resultados obtidos revelaram o poder dos métodos da morfometria geométrica baseados em marcos anatómicos para discriminar as diferentes populações de abelha melífera dos Açores, e também permitiram distingui-las das subespécies de referência. Os padrões morfométricos das asas mostraram que as populações dos Açores exibem uma relação próxima com *A. m. iberiensis*, enquanto algumas populações, especialmente as da Graciosa, tendem a agrupar com *A. m. ligustica* e *A. m. carnica*. O efeito fundador resultante de introduções em tempos históricos juntamente com o ambiente insular, a barreira ao fluxo génico associada ao isolamento geográfico, e o fluxo génico recente associado à atividade apícola possivelmente moldaram os padrões de diversidade observados nos Açores.

**Palavras-chave:** *Apis mellifera*; Açores; morfometria geométrica