

CARACTERIZAÇÃO DOS AGENTES POLINIZADORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS E SUA ATUAÇÃO NA MANUTENÇÃO DA VARIABILIDADE, ADAPTABILIDADE E DIVERSIDADE DE ESPÉCIES FLORÍSTICAS

CHARACTERIZATION OF BIOTIC AND ABIOTIC POLLINATORS AND THEIR ROLE IN MAINTAINING THE VARIABILITY, ADAPTABILITY AND DIVERSITY OF FLORISTIC SPECIES

¹Rafael Ferreira dos Santos*, ²Daniela Inácio Junqueira

¹Universidade de Brasília, Departamento de Botânica. ²Instituto Federal Goiano, Departamento de Ciências Biológicas. rafaah.chanel@gmail.com

RESUMO

A mutualidade entre a flora e a fauna é vista desde estudos de Gregor Mendel e Charles Darwin, em que as interações para benefícios mútuos mantinham a vida em existência. A polinização constitui um processo essencial para a perpetuação de inúmeras espécies vegetais, podendo ocorrer de duas formas: autopolinização, quando ocorre a transferência do pólen da antera para o estigma de uma mesma flor ou de outra flor da mesma planta; e cruzada, quando o pólen de uma flor é transferido para o estigma de outra flor de uma planta diferente. A adaptabilidade das espécies com o processo de polinização permitiu que a variabilidade se estendesse devido aos agentes polinizadores, e claro, aqueles que vão além das abelhas, sendo agentes bióticos (animais), levando em consideração todos os tipos de insetos e até mamíferos, como o morcego; e agentes abióticos, como a água e o vento. Com o objetivo de identificar e classificar os diversos agentes polinizadores, mantendo a mesma importância entre eles, usou-se de estudos científicos disponibilizados na íntegra, a fim de promover o ensino-aprendizagem e a conscientização da preservação da diversidade e variabilidade floral, e conseqüentemente, a faunística, por intermédio dos processos de polinização. Foi possível identificar a intensificação da existência das espécies de Angiospermas, bem como suas adaptações para o processo de polinização, como por exemplo: formato de flores, cores, texturas e aromas, sendo os agentes polinizadores (bióticos e abióticos) a principal fonte de garantia da variabilidade genética das espécies, atuando na preservação e na manutenção da diversidade floral.

PALAVRAS-CHAVE: adaptação, angiospermas, ensino-aprendizagem, polinização.

ABSTRACT

The mutualism between flora and fauna has been observed since the studies of Gregor Mendel and Charles Darwin, where interactions for mutual benefits sustained life. Pollination constitutes an essential process for the perpetuation of numerous plant species and can occur in two ways: self-pollination, where pollen is transferred from the anther to the stigma of the same flower or another flower on the same plant; and cross-pollination, where pollen from one flower is transferred to the stigma of another flower on a different plant. The adaptability of species through the pollination process has allowed variability to extend due to pollinating agents, encompassing not only bees but also other biotic agents (animals), including various types of insects and even mammals such as bats; and abiotic agents, such as water and wind. In order to identify and classify the diverse pollinating agents, maintaining equal importance among them, scientific studies were used in their entirety to promote teaching and learning and raise awareness

about the preservation of floral diversity and variability. This, in turn, contributes to the preservation of faunal diversity through pollination processes. It was possible to identify the intensified existence of Angiosperm species and their adaptations to the pollination process, such as flower shapes, colors, textures, and aromas. Pollinating agents, both biotic and abiotic, were identified as the main source ensuring the genetic variability of species, playing a crucial role in preserving and maintaining floral diversity.

KEYWORD: adaptation, angiosperms, teaching-learning, pollination.

INTRODUÇÃO

A relação de interdependência entre a flora e fauna é conceituada desde estudos de Gregor Mendel, Charles Darwin e Alfred Wallace, que identificavam as variações de tempo e espaço nas interações para a manutenção da vida, gerando uma relação de mutualismo, ou seja, uma em benefício da outra. Mesmo que estas interações não fossem tão bem aceitas, hoje, identificamos a prevalência das plantas denominadas de Angiospermas, sendo estas, consideradas plantas com presença de flores, descrita como o sucesso da adaptabilidade pelo processo de polinização^{1,2}.

A polinização é entendida como um processo pelo qual ocorre a transferência de células reprodutivas masculinas (grãos de pólen), contidas nas anteras das flores, para o estigma da flor (receptor feminino), podendo ser da mesma ou de uma outra flor da mesma planta, a qual se intitula “autopolinização”, ou de uma flor para outra em plantas diferentes, conhecida como “polinização cruzada”, sendo considerada um dos principais mecanismos de promoção da biodiversidade na Terra³.

De pretexto à evolução, as Angiospermas possuem características adaptativas, a exemplos, as cores de suas peças florais, formas, odores, nectário, entre outros, que as permitem selecionar os seus agentes polinizadores, em que obtém a reprodução sexuada, no qual a transferência do grão de pólen para o estigma da flor pode ocorrer através de fatores bióticos, interação entre organismos vivos; e abióticos, influência de fatores ambientais. Dentre os fatores bióticos, têm-se como mais conhecidos a entomofilia (insetos), ornitofilia (aves) e quiropterofilia (morcegos), e dentre os fatores abióticos, a anemofilia (vento) e a hidrofilia (água)^{4,5,6}.

Contudo, estima-se que aproximadamente 73% das espécies vegetais cultivadas mundialmente sejam polinizadas por abelhas⁷, estando sempre relacionadas à polinização que, apesar de desempenharem uma extraordinária contribuição para a preservação da vida vegetal e para a garantia da variabilidade genética, acaba por “negligenciar” a importância de outros agentes polinizadores.

Por conseguinte, objetivou-se identificar os diversos agentes polinizadores, sendo estes bióticos (animais) e abióticos (temporal) que agregam a variedade e variabilidade das espécies de Angiospermas, especificando que, apesar das abelhas serem de grande antemão para a manutenção e dispersão das espécies, outros agentes polinizadores são classificados de acordo com seus ecossistemas básicos de polinização e portadores da mesma importância.

METODOLOGIA

Com o intuito de promover o ensino-aprendizagem e dissuadir o pensamento de que o único agente polinizador é a abelha, foi realizada uma revisão bibliográfica em que consta a descrição e classificação dos diferentes agentes polinizadores, sendo bióticos e abióticos, contendo exemplos, e sua importância para a manutenção da diversidade e variabilidade floral, que conseqüentemente está associada à diversidade faunística.

A revisão bibliográfica presente, associou-se a revisão de artigos científicos disponibilizados na íntegra, no idioma português, em variadas plataformas, como Scielo e Google Scholar, que buscam maximizar a polinização, trazendo para o ambiente científico o poder do conhecimento para a promoção do ensino-aprendizagem, além da conscientização sobre o uso excessivo de inseticidas e suas conseqüências.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas são seres sésseis capazes de se reproduzir de duas formas, sendo elas, sexuada e assexuada. A primeira forma é a que necessita de vetores que transportem os grãos de pólen ao estigma da flor para dar o início ao processo de germinação. Os vetores que garantem a reprodução dessas plantas podem ser tanto bióticos como abióticos⁸.

Firetti-Leggieri e Ottra⁴ apresentam as síndromes de polinização que estão divididas entre Polinização Biótica, com animais que realizam esse processo, na qual pode-se citar as: Cantarofilia (polinização por besouros); Melitofilia (polinização por abelhas); Psicofilia (polinização por borboletas); Falenofilia (polinização por mariposas noturnas); Miofilia (polinização por moscas); Ornitofilia (polinização por aves) e a Quiropterofilia (polinização por morcegos); e também a síndrome de Polinização Abiótica, tendo como agentes polinizadores o vento (anemofilia) e água (hidrofilia).

Nos experimentos e estudos realizados por Gonçalves *et al.*⁵, os alunos que participaram da pesquisa, entendem pouco ou parcialmente o processo de polinização, este, que por sua vez, era observado em livros e presenciado no cotidiano, porém, os alunos não conseguiram explicar corretamente o processo em que se ocorre a polinização e os diversos agentes polinizadores que são responsáveis pela manutenção da variabilidade genética das espécies florais e conseqüentemente dos animais.

Como já sabemos, a polinização por insetos intensificou a dispersão das Angiospermas e sua adaptabilidade. Primitivamente, essas espécies eram polinizadas de forma abiótica, sendo os grãos de pólen espalhados pelo vento. Evolutivamente, esse processo (a polinização) passou a ser realizado pelos agentes bióticos (insetos inicialmente). Essas adaptações denominam-se de distúrbio ou síndrome das polinizações, em que a presença frequente de polinizadores, ocasiona a diversidade das peças florais, seja em tamanhos, formatos, texturas, cores e cheiros/odores⁵.

Segundo Barônio *et al.*¹ as síndromes das polinizações são dadas por grupos de polinizadores que tenham preferências similares para dar sequência na polinização. Assim, grupos de plantas que tenham em comum o mesmo grupo de polinizadores, possuem ainda, características das peças florais diferentes, dando preferência para certos tipos de polinizadores, como por exemplo, a Cantarofilia.

A Cantarofilia é a síndrome de polinização realizada por besouros, sendo eles importantes vetores de polinização das anonáceas. É identificado que pomares os quais não apresentam besouros, a produtividade das anonáceas é baixa, além do fato de que variadas espécies de besouros polinizadores podem polinizar plantas de uma mesma espécie⁹. De acordo com o estudo realizado por Pereira *et al.*¹⁰, a produção de anonáceas é rentável em regiões tropicais e subtropicais, além de apresentarem potencialidade em controle de doenças, como o câncer, a partir de componentes bioativos.

Percebe-se dessa forma que, a cantarofilia com destaque na polinização dessa família, se enquadra como fator importante tanto para a economia envolta da produção de plantas e também como essa continuidade das anonáceas abre espaço para a evolução científica no controle de grandes doenças, sendo assim, vetores polinizadores importantes, mas pouco discutidos.

As flores apresentam em sua estrutura mecanismos florais que são determinantes para a atração de seus polinizadores. Na Ornitofilia, de acordo com os espaços geográficos, os pássaros que realizam a polinização das espécies de plantas, são diferentes, exatamente pelo tipo de flores em determinadas regiões¹¹. Outro vertebrado

que também é um vetor polinizador é o morcego, síndrome Quiropterofilia, os quais são consumidores de néctar, sendo as subfamílias Glossophaginae e Macroglossinae. Como esses animais, tanto as aves, como os morcegos podem percorrer longas distâncias e realizar a polinização, se mostram importantes polinizadores das espécies de plantas de regiões tropicais¹².

Os sistemas de polinização são entendidos como os recursos atrativos que as espécies de plantas possuem em suas peças florais, divididos em atrativos primários e secundários. Os primários se tratam da demanda fisiológica, a exemplo, pólen, néctar, calor, proteção, etc. Enquanto os secundários tratam-se da demanda morfológica, por exemplo, cores, formatos, aromas, entre outros¹³.

Algumas plantas apresentam mecanismos florais que somente são atrativos para determinados vetores. No caso da miofilia, a síndrome de polinização por moscas, certos gêneros da família Orchidaceae, só são visitadas em grande maioria por esses vetores influenciados por sua cor e odor¹⁴. Compreende-se que para a continuidade da manutenção da diversidade e impedimento do desaparecimento de certas espécies, é necessário diferentes vetores que busquem diferentes mecanismos florais. Com a presença de apenas um tipo de vetor, plantas de fortes odores, como de gêneros dessa família, não seriam polinizadas.

Em relação à polinização realizada por vetores como as borboletas (psicofilia) e mariposas noturnas (falenofilia) é exatamente a relação de horário, como o dia sendo comum a visita de borboletas, e na noite a visita de mariposas¹³. Um dos fatos mais importantes é o desses dois vetores conseguirem interagir em todos os ecossistemas que existem no Brasil¹⁵. Nesse sentido, é compreensível a capacidade de continuidade de diversas espécies a partir de polinizações diárias e noturnas, realizadas por dois vetores que não são tão reconhecidos como as abelhas, mas que polinizam centenas de plantas.

Pelos agentes polinizadores abióticos, o vento, conhecido na biologia da polinização como anemofilia, é recorrente em plantas espermatófitas, ou seja, as suas estruturas reprodutivas estão visíveis, havendo a presença de sementes (principal característica). As características das peças florais são específicas para as famílias, como Poaceae, Cyperaceae, Ulmaceae, Juncaceae, entre outras; sendo estas, ausência de pétalas, sem cor e cheiro, anteras bem expostas com liberação em grande quantidade de número de grãos-de-pólen pequenos e lisos, no qual o vento possa vibrá-las e permitir a liberação. Observadas as florações dessas famílias, principalmente em períodos de setembro a novembro, com maior incidência de ventos^{16,17}.

A polinização por água, denominada como hidrofilia, ocorre principalmente em espécies aquáticas, em que o pólen é transportado sob a água de uma planta para a outra. A parte feminina da flor estão submersas, porém são elevadas a superfície da água e flutuam devido a tensão superficial da água, o que permite uma pequena elevação da mesma, enquanto as flores masculinas ficam submersas, surgindo uma fenda, da qual são liberadas e flutuam até a superfície, se deslocando até a elevação da flor feminina, possibilitando o contato e a transferência de pólen, a exemplo, a espécie *Vallisneria spiralis* pertencente a família Hydrocharitaceae¹⁷.

Por fim, apresenta-se a síndrome de polinização mais conhecida, a melitofilia, na qual os vetores polinizadores são as abelhas. A sua existência e ação são importantes para a economia e para a permanência das próprias colmeias. As abelhas também são os principais agentes polinizadores que existem entre as plantas e que fizeram parte de suas adaptações evolutivas¹⁸. A grande questão do atual alarme é o fato da perda de abelhas polinizadoras é que pode gerar a perda de várias espécies de vegetais, ou até mesmo não existirem mais, causando a extinção¹⁹.

CONCLUSÕES

Os principais agentes polinizadores são bióticos, Cantarofilia (besouros); Melitofilia (abelhas); Psicofilia (borboletas); Falenofilia (mariposas noturnas); Miofilia (moscas); Ornitofilia (aves) e a Quiropterofilia (morcegos); e abióticos, vento (anemofilia) e água (hidrofilia). As adaptações observadas nas espécies, principalmente de Angiospermas, permitiram com que a interação entre as flores e os animais que as visitam fossem mutualística, ou seja, o animal a procura como fonte de alimento (néctar) e conduz por meio do pólen a diversidade e variabilidade das espécies.

Para um bom entendimento sobre a biologia da polinização, é preciso compreender que os sistemas de polinização funcionam para os agentes bióticos como força de atração, ou seja, os recursos atrativos que as espécies de plantas possuem em suas peças florais, determinam as escolhas de atuação dos agentes polinizadores.

Como forma de minimizar o desaparecimento de espécies de polinizadores, é preciso promover a Educação Ambiental de conscientização, acerca da importância dos agentes polinizadores, principalmente os agentes bióticos (animais) que sofrem na íntegra com produtos químicos utilizados na agricultura. Dessa forma, construindo valores culturais para a preservação e conservação dos agentes polinizadores bióticos, como

abelhas, beija-flores, morcegos, besouros, moscas, borboletas, entre outros; bem como agentes polinizadores abióticos, a exemplo, o vento e a água.

A preservação dos agentes polinizadores permite a manutenção da diversidade e variabilidade genética das espécies florais, que estão diretamente ligadas à manutenção da vida faunística, devido à permanência de uma dos maiores grupos de plantas, as Angiospermas, conhecidas como aquelas que possuem flores e frutos.

REFERÊNCIAS

1. Barônio GJ, Maciel AA, Oliveira AC, Kobal ROAC, Meireles DAL, Brito VLG, Rech AR. Plantas, polinizadores e algumas articulações da biologia da polinização com a teoria ecológica. *Rodriguésia* [online]. 2016; 67(2): 275-293. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201667201>.
2. Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. Biologia da polinização. In: Rech AR, Westerkamp C. *Biologia da polinização: uma síntese histórica* [capítulo 1]. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 2014; 29-45.
3. Nascimento WM, Gomes EML, Batista EA, Freitas RA. Utilização de agentes polinizadores na produção de sementes de cenoura e pimenta doce em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*. 2012; 30(3): 494-498. <https://www.scielo.br/j/hb/a/XtRcpwtcnJ4b37WxVYYyN9x/?lang=pt&format=pdf>.
4. Firetti-Leggieri F, El Ottra J. Polinização e tipos de reprodução em angiospermas [capítulo 2]. *Botânica no Inverno*, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 2013; 103-108.
5. Gonçalves C, Passala J, Santos JC, Vieira CMGC, Júnior NZ. Conscientização ambiental no âmbito escolar: a importância da polinização e o declínio dos Agentes polinizadores pelo uso excessivo de inseticidas. *BJD (Brazilian Journal of Development)*, Curitiba. 2021; 7(6): 58358-58375. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/31298/pdf>.
6. Marcos Filho J. 2005. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Piracicaba: FEALQ, 495p.
7. Freitas BM. 2006. *Polinizadores e polinização: o valor econômico da conservação*. Disponível em: http://www.reacao.com.br/programa_sbpc57ra/sbpccontrole/textos/brenofreitas.htm.
8. Oliveira PE, Maruyama PK. *Sistemas Reprodutivos*. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. *Biologia da Polinização*. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 2014; 71-92.
9. Neto HFP, Oliveira PE. As anonáceas e os besouros. *Ciência Hoje*. 2006; 38 (224): 69-61. https://www.academia.edu/9406279/As_anon%C3%A1ceas_e_os_besouros.

10. Pereira MC, Nietzsche S, Costa MR, Crane JH, Gorsato CDA, Mizobutsi EH. Anonáceas: pinha, atemoia e graviola. Informe Agropecuário. 2011; 32(264). https://www.researchgate.net/publication/274699663_Anonaceas_Pinha_Atemoia_e_Graviola#:~:text=Abstract,devem%20ser%20propagadas%20por%20enxertia.
11. Brunelli WA. Ornitofilia nos Neotrópicos e nos Paleotrópicos. 2013.
12. Fischer E, Araújo AC, Gonçalves F. Polinização por vertebrados. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. Biologia da Polinização. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 2014; 311-326.
13. Varassin IG, Amaral-Neto LP. Atrativos. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. Biologia da Polinização. Rio de Janeiro: Projeto Cultura. 2014; 151-168.
14. Carvalho R, Machado IC. *Rodriguezia bahiensis* Rchb. f.: biologia floral, polinizadores e primeiro registro de polinização por moscas Acroceridae em Orchidaceae. Brazilian Journal of Botany. 2006; 29(3): 461-470. <https://www.scielo.br/j/rbb/a/qK4hBJPBVSLtBYPTzwL5cPL/?lang=pt>.
15. Oliveira R, Júnior JAD, Rech AR, Júnior RSÁ. Polinização por lepidopteros. In: Rech AR, Agostini K, Oliveira PE, Machado IC. Biologia da Polinização. Rio de Janeiro: Projeto Cultural. 2014; 235-257.
16. Janzen DH. Coleção Temas de Biologia, Ecologia Vegetal nos Trópicos. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo: SP, 1977, 74p.
17. Raven PH, Evert RF, Eichhorn SF. Biologia Vegetal, 6ª ed., Rio de Janeiro: RJ, Guanabara Koogan, 2001, 906p.
18. Souza DL, Evangelista-Rodrigues A, Pinto MSC. As abelhas como agentes polinizadores. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria. 2007; 8(3): 1-7. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63613302010.pdf>.
19. Barbosa DB, Crupinski EF, Silveira RN, Limberger DCH. As abelhas e seu serviço ecossistêmico de polinização. Revista Eletrônica Científica da UERGS. 2017; 3(4), 694-703. file:///C:/Users/usuario/Downloads/As_abelhas_e_seu_servico_ecossistemico_de_poliniza.pdf.