

## SELEÇÃO FENÓTÍPICA MEDIADA POR ESFINGÍDEOS (LEPIDOPTERA) EM ATRIBUTOS FLORAIS DE *OENOTHERA RAVENII* W. DIETR.

LIS BACCHIERI DUARTE CAVALHEIRO<sup>1</sup>; ANDREZA DE ÁVILA LAUTENSCHLEGER<sup>2</sup>; VERA LÚCIA BOBROWSKI<sup>3</sup>; OLIVIER JEAN FRANÇOIS BONNET<sup>4</sup>; JEFERSON VIZENTIN-BUGONI<sup>5</sup>; CRISTIANO AGRA ISERHARD<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – lisbdc@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – andrezaalauten@hotmail.com

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – vera.bobrowski@gmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – olivier.bonnet@ufpel.edu.br

<sup>5</sup>Universidade Estadual de Campinas – jbugoni@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Universidade Federal de Pelotas – cristianoagra@yahoo.com.br

### 1. INTRODUÇÃO

A maior parte das angiospermas tem adquirido ao longo da evolução diversos fenótipos que permitem a maximização da aptidão através da atração dos polinizadores mais efetivos (LAMIM-GUEDES, 2011). Ao servirem como vetor de transporte do pólen, estes animais podem atuar como agentes seletivos sobre variantes de determinados caracteres florais (RECH et. al., 2014).

Alguns indivíduos de certa população de planta podem ser selecionados diferencialmente a partir de determinado caractere ou conjunto deles, implicando em uma mudança evolutiva (i.e. alteração na frequência de determinado fenótipo nas gerações). Espera-se que em sistemas de polinização especializados a seleção mediada por polinizadores influencie diretamente no sucesso reprodutivo das variantes fenotípicas de uma espécie (RECH et. al. 2014).

A partir da variação dessas características fenotípicas e sua relação com o sucesso reprodutivo da planta, é possível estimar a força, a direção e a forma da seleção natural na espécie, inferindo o impacto dos polinizadores na evolução da morfologia floral (GARCIA; EHRLM, 2009). Essas estimativas são realizadas por métodos quantitativos, através do cálculo de coeficientes de seleção direcional e estabilizadora (LANDE & ARNOLD, 1983).

Um caso ilustrativo clássico é a especialização na interação de plantas polinizadas por mariposas de proboscides longas da família Sphingidae. Este é o caso de *Oenothera ravenii* W. Dietr., que possui características adaptadas à polinização por esses animais, como corola tubular longa de cores claras (amarela), antese noturna e odor forte e adocicado liberado no crepúsculo.

Objetivou-se (i) descrever o período de floração e os esfingídeos visitantes de *O. ravenii* e (ii) investigar a existência e direção da seleção fenotípica mediada por esses polinizadores sobre os atributos florais da planta. Foi testada a hipótese de que o comprimento do tubo e a área floral propiciam maior sucesso reprodutivo, indicando assim a existência de seleção mediada por polinizadores progressiva em direção a corolas tubulares longas e flores mais vistosas.

### 2. METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido em áreas do Horto Botânico Irmão Teodoro Luis, no Capão do Leão (31°46'3"S, 52°26'55"W), com altitude de cerca de 15m acima do nível do mar. O clima é subtropical úmido, Cfa de acordo com a classificação de Köppen-Geiger, e a pluviosidade é bem distribuída ao longo do ano.

As coletas ocorreram entre julho de 2015 e junho de 2016. Quinzenalmente, 21 indivíduos de *O. ravenii* tiveram o número de flores quantificado, para verificar o padrão de floração da espécie. Durante o pico da floração foram realizadas 25,5 horas de observações focais para identificação dos esfingídeos visitantes. Estes foram coletados para posterior montagem, identificação, medição da probóscide, e então depositados na coleção de referência do Laboratório de Ecologia de Lepidoptera, Departamento de Ecologia, Zoologia e Genética da UFPel.

Foram selecionadas aleatoriamente 57 flores de *O. ravenii* de indivíduos distintos. Antes da senescência, cada uma foi fotografada sobre papel milimetrado para medição da área da corola e teve o comprimento do tubo floral medido com paquímetro. O número de flores abertas circundantes à flor focal foi quantificado em um raio de 2,5m e utilizado como covariável. As flores foram marcadas e isoladas com *voil* até o amadurecimento do fruto, que teve as sementes coletadas e quantificadas. Somente foram considerados os casos com formação de fruto/sementes.

Utilizamos modelos lineares para testar de que modo a produção de sementes está associada à área da corola e comprimento do tubo floral. Devido às diferenças dimensionais das medidas dessas características, os dados foram transformados através da raiz quadrada dos valores de área, e então estandardizados. Foi testada a homoscedasticidade e normalidade dos resíduos e a correlação entre área e profundidade. O efeito randômico da covariável foi verificado a partir de uma ANOVA entre modelos com e sem a covariável. Utilizaram-se modelos lineares com termos quadráticos da profundidade e da área, e a interação entre elas, excluindo os termos não significativos para a formação de sementes. Realizou-se uma regressão parcial para verificar o efeito de cada variável preditora tendo descontado o efeito da interação entre elas. As análises foram realizadas utilizando os pacotes lme4, car, MASS e nlme no programa R.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A floração ocorreu do início de novembro de 2015 até o fim de fevereiro de 2016, com pico no final de novembro. Registraramos nove visitas por seis espécies de esfingídeos, com probóscides medindo de 3,5 a 12 cm ( $5,72 \pm 2,77$  cm).

O comprimento do tubo floral foi de  $4,5 \pm 0,6$  cm (mín-máx=3,1-5,7 cm), enquanto a área da corola foi de  $46,4 \pm 13,9$   $\text{cm}^2$  (15-77  $\text{cm}^2$ ). Ocorreram desde zero até 33 flores circundantes. O número de sementes apresentou-se em distribuição normal, com  $222 \pm 114$  sementes por fruto (7-476 sementes/fruto).

Não houve correlação entre as variáveis preditoras (Pearson,  $r=0,30$ ,  $p=0,053$ ,  $n=57$ ), e, portanto, ambas foram mantidas nas análises. Também não houve diferença significativa entre o modelo com e sem covariável, demonstrando que o número de flores circundantes não teve efeito sobre o sucesso reprodutivo. Assim, a covariável foi desconsiderada das análises seguintes.

O modelo linear final incluiu os termos de profundidade quadrático, área e a interação entre ambos, e explicou 61% da variação do número de sementes ( $R^2=0,61$ ). O coeficiente da área foi  $\beta_i=0,639$  ( $p<0,001$ ), do quadrático da profundidade foi  $\gamma_{ii}=-0,797$  ( $p<0,001$ ), e da interação entre as variáveis foi  $\gamma_{ij}=0,4187$  ( $p<0,001$ ). Esses valores indicam maior aptidão para flores com áreas de corola maiores, porém com comprimento intermediário do tubo floral (Figura 1).

Houve efeito da interação entre área e profundidade no número de sementes. Isso pode ser observado através da regressão parcial, em que flores

com um comprimento de tubo muito longo apresentaram elevado número de sementes, provavelmente explicado pela sua ampla área da corola (Figura 2).

Flores com o maior sucesso reprodutivo são aquelas com área ampla e comprimento de tubo intermediário, e as com menor sucesso reprodutivo aquelas com área pequena e comprimento de tubo extremo (muito curtos ou muito longos). Ainda assim, alguns indivíduos com área ampla e tubo extremo apresentaram um alto sucesso reprodutivo. Uma explicação para este padrão pode ser que áreas maiores de corola são mais facilmente percebidas pelo polinizador e, portanto, mais visitadas, gerando a maior formação de sementes. Estes resultados são corroborados pelo estudo de RAGUSO; WILLIS (2003), no qual é demonstrado que o esfingídeo é primeiramente atraído por pistas visuais, seguidas do ajuste morfológico à extensão da probóscide. Tubos extremos podem não se adequar à morfologia do visitante gerando diminuição na efetividade da deposição de pólen nos estigmas, revelando que fatores ecológicos e evolutivos tendem a promover o ajuste de morfologias correspondentes (SAZATORNIL et al., 2016). Assim como evidenciaram estes autores, o presente estudo indica que tubos florais desajustados ao comprimento de probóscide dos visitantes deveriam ser desfavorecidos.

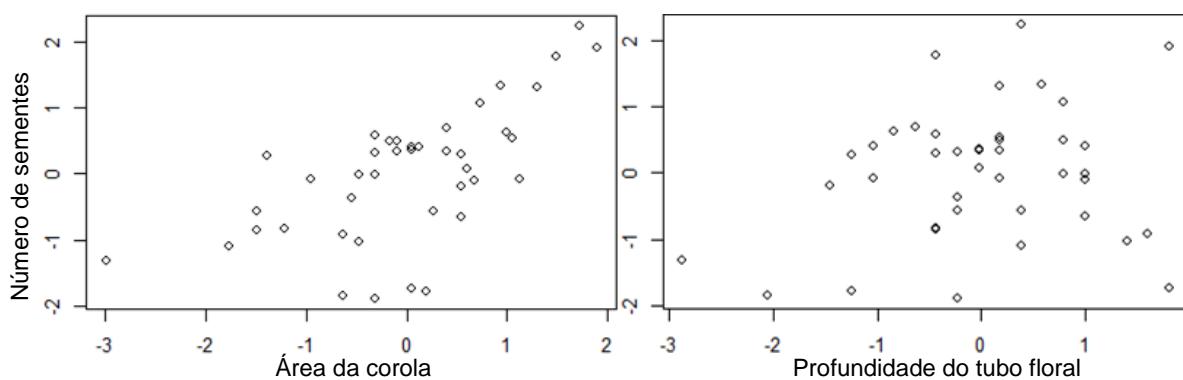


Figura 1. Regressão da área e da profundidade com o número de sementes formadas por fruto de *Oenothera ravenii* coletadas no município do Capão do Leão, Rio Grande do Sul.

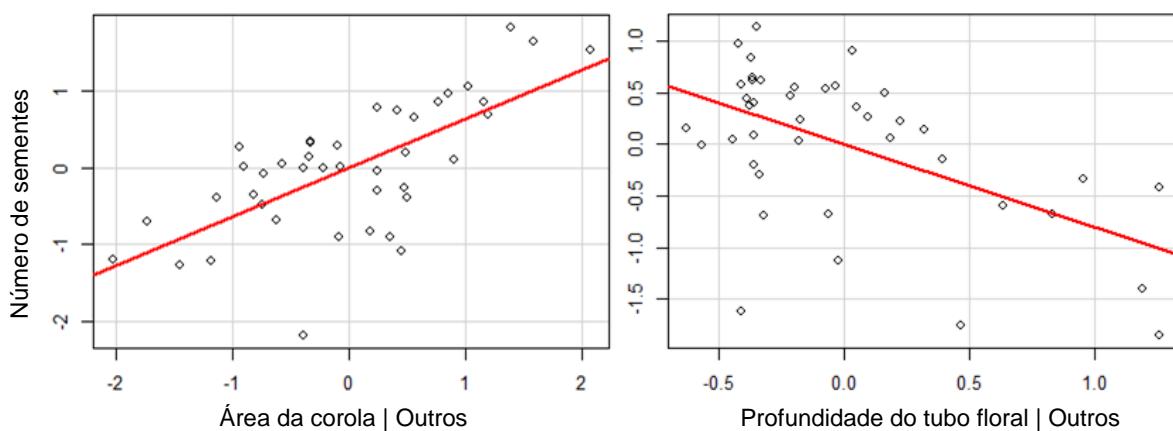


Figura 2. Regressão parcial da área e profundidade com o número de sementes formadas por fruto de *Oenothera ravenii* coletadas no município do Capão do Leão, Rio Grande do Sul.

#### 4. CONCLUSÕES

Desta forma, este estudo apresenta evidências de que existe seleção fenotípica mediada por polinizadores favorecendo flores de *O. ravenii* com área de corola cada vez maior e profundidade intermediária do tubo floral na população estudada. Entretanto, como a co-evolução é um processo dinâmico no tempo e no espaço (THOMPSON, 2005), a compreensão da evolução dos atributos florais evidenciada aqui pode ser aprofundada com a repetição deste estudo em escalas espaciais e temporais mais amplas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GARCIA, M.B.; EHRLEM, J. Evaluación de los efectos demográficos y evolutivos de las interacciones planta-animal mediante modelos matriciales. In: MEDEL, R.; AIZEN, M.A.; ZAMORA, R. **Ecología y evolución de interacciones planta-animal**. Santiago de Chile: Universitaria, 2009. 5, p. 95 – 112.

LANDE, R.; ARNOLD, S.J. The measurement of selection on correlated characters. **Evolution**, Chicago, v.37, n.6, p. 1210-1226, 1983.

LAMIM-GUEDES, V. **Especialização em sistemas planta-polinizador: características florais e oferta de recursos alimentares**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Programa de Pós-graduação em Ecologia de Biomas Tropicais, Universidade Federal de Ouro Preto.

RAGUSO, R.A.; WILLIS, M.A. Hawkmoth pollination in Arizona's Sonoran Desert: Behavioral Responses to Floral Traits. In: BOGGS, C.L.; WATT, W.B.; EHRLICH, P.R. **Butterflies: Ecology and Evolution Taken Flight**. Chicago e Londres: The university of Chicago Press, 2003, p. 43 – 65.

RECH, A.R.; AGOSTINI, K.; OLIVEIRA, P.E.; MACHADO, I.C. **Biologia da Polinização**. Rio de Janeiro: Projeto Cultural, 2014

SAZATORNIL, F. D., MORÉ, M., BENITEZ-VIEYRA, S., COCUCCI, A. A., KITCHING, I. J., SCHLUMPFBERGER, B. O., OLIVEIRA, P. E., SAZIMA, M. AND AMORIM, F. W. Beyond neutral and forbidden links: morphological matches and the assembly of mutualistic hawkmoth–plant networks. **Journal of Animal Ecology**, Reino Unido, 2016.

THOMPSON, J.N. **The Geographic Mosaic of Coevolution**. Chicago: The University of Chicago Press, 2005.