



O JULGAMENTO DA ENDOGAMIA

Tânia Maria de Moura; Karina Martins

1-Programa de pós-graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas/Instituto de Biologia. Cidade Universitária Zeferino Vaz, s/n, CP 6109, Barão Geraldo. Campinas/SP, Brasil. 13083-970. tmourabr@yahoo.com.br

2- Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR/Campus Sorocaba. Rodovia João Leme Santos, Km110 – SP 264, Bairro do Itinga. Sorocaba/SP, Brasil. 18052-780. karimartins@yahoo.com.br

Palavras chave: conservação; educação; genética de populações

Questões ambientais relacionadas à conservação da natureza estão a cada dia mais presentes no cotidiano dos estudantes de ensino médio. Por outro lado, a Genética de Populações é um tema pouco abordado, especialmente por ser considerado um assunto de difícil compreensão. Pensando nestas questões, apresentamos – O Julgamento da Endogamia – uma proposta, bem humorada, de expor o assunto para alunos de ensino básico e iniciantes em Genética de Populações. Esperamos que, com este trabalho, seja facilmente percebido que a fragmentação de ecossistemas ocasiona a redução no número de indivíduos nas populações, deixando-as mais sujeitas à erosão genética (devido aos efeitos negativos da deriva genética) e à perda de vigor (devido à ocorrência de endogamia). A erosão genética e a perda do vigor podem provocar a extinção de espécies em longo prazo.

Conceitos básicos

Apresentamos, também, de forma resumida, alguns conceitos que poderão ser trabalhados visando melhor esclarecimento para minimizar possíveis erros conceituais. Para maiores detalhes vide, por exemplo, Hedrick (2005); Hartl & Clark (2006).

- Gene é uma parte do material genético que pode ser transcrita, ou seja, trechos do DNA que codificam um RNA ou uma proteína. Por sua vez, **alelo** pode ser definido como uma forma alternativa de um gene ou segmento de DNA. As populações naturais em geral são multialélicas, ou seja, há diversos alelos na população em um dado loco, embora cada indivíduo (diplóide) possa carregar apenas dois alelos. **Genótipo:** nome dado ao conjunto de alelos que um organismo possui.

- **Frequência alélica:** é a frequência de ocorrência de um alelo, para um dado loco em uma população. **Frequência genotípica** refere-se à frequência de ocorrência de um genótipo na população.

- **Pool gênico:** conjunto completo de genes de uma população.

- **Heterozigoto:** indivíduo heterozigoto é aquele que possui alelos diferentes para um loco. Heterozigosidade refere-se à proporção de indivíduos heterozigotos em uma população. Em populações naturais, acredita-se que o heterozigoto tenha vantagem ao **homozigoto** (indivíduo que possui o mesmo alelo para um dado loco). Essa suposta vantagem é atribuída a indivíduos heterozigotos que apresentam alelos diferentes, e, portanto, carregam maior diversidade genética que indivíduos homozigotos.

- **Populações alógamas:** são aquelas em que os indivíduos reproduzem-se por cruzamento. No caso de plantas, pode-se dizer que há uma planta doadora do grão pólen (exercendo o papel de masculina) e outra receptora deste (exercendo o papel de planta feminina). As populações de espécies que se reproduzem por cruzamentos apresentam elevada heterozigosidade, ou seja, há muitos indivíduos heterozigotos na população. Nessas populações, diz-se que a diversidade genética está distribuída entre e dentro de indivíduos. Entre indivíduos porque há diferentes genótipos na população; dentro de indivíduos porque cada heterozigoto carrega dois alelos.

- **Populações autógamas:** quando o mesmo indivíduo é doador e receptor do grão de pólen diz-se que ocorre **autogamia**. Nesse caso, os indivíduos reproduzem-se por autofecundação. Em populações autógamas não há heterozigotos. Nessas populações, diz-se que a

diversidade genética está distribuída apenas entre indivíduos, já que há diferentes genótipos, mas todos os indivíduos são homocigotos.

- **Teorema de Hardy-Weinberg:** postula que em populações infinitas que se reproduzem por cruzamentos aleatórios (panmíticas), em que não ocorrem mutação, migração, seleção e deriva genética, as suas frequências alélicas e genotípicas não mudam ao longo das gerações. Como essas frequências se mantêm constantes, diz que as populações estão em Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

- **Endogamia (*inbreeding*):** reprodução a partir de dois parentais geneticamente relacionados, consanguinidade. Tem como resultado aumento da homocigose, sendo a autofecundação o caso mais extremo de endogamia. A reprodução por autofecundação faz com que a heterocigidade reduza à metade a cada geração. A ocorrência de cruzamentos consanguíneos em populações alógamas ocasiona a depressão por endogamia. Ela é causada por alelos recessivos deletérios ou letais, que por serem recessivos não são expressos nos indivíduos heterocigotos. A endogamia faz com que esses alelos ocorram em homocigose e se expressem no fenótipo. A depressão por endogamia é observada em fenótipos com menor vigor. A depressão por endogamia ocorre apenas em populações alógamas, que são altamente heterocigóticas. As populações autógamas são naturalmente endogâmicas

e homocigóticas e, portanto, não sofrem depressão por endogamia. Nessas populações, os alelos deletérios já foram expurgados.

- **Deriva genética (*genetic drift*):** mudança aleatória na frequência dos alelos de uma população. Ela ocorre por que nem todos os indivíduos de uma população deixam descendentes e, os que se reproduzem, produzem número variável de descendentes. Desse modo, as frequências dos alelos irão mudar aleatoriamente de uma geração para outra. Em populações pequenas, a deriva genética pode provocar a perda de alelos, principalmente os alelos raros que, por ocorrerem em baixa frequência na população, são mais facilmente perdidos.

- **Fragmentação de ecossistemas:** quando áreas contínuas de vegetação são devastadas sobrando apenas fragmentos dispersos na paisagem. A fragmentação causa a diminuição do tamanho das populações, tornando-as mais susceptíveis aos efeitos da deriva genética, como a perda de alelos. Logo, em populações pequenas, a chance de ocorrência de erosão genética é maior. Se há pouca conectividade entre os fragmentos de vegetação (a migração é restrita), a reprodução ocorre apenas entre os indivíduos remanescentes, ocasionando a endogamia. Em última instância, a erosão genética pode influenciar na adaptabilidade das espécies frente a mudanças ambientais, pode levar à extinção da espécie.

Figura

A população alogama da cidade Ecolândia estava revoltada com o desaparecimento de três alelos raros de sua população. Em protesto todos compareceram ao julgamento da principal suspeita do desaparecimento: a Endogamia.

Estamos aqui hoje reunidos para julgar a senhora **Endogamia** pelo desaparecimento de três dos nossos companheiros. Para iniciar, vamos dar a palavra ao advogado de acusação, o **Dr. Hardy**.

Obrigado, **Dr. Wright**! Senhores, a Endogamia veio de relações incestuosas em que pais têm filhos com seus filhos, irmãos com irmãos, ou demais indivíduos geneticamente relacionados. Ela ocasiona perda de vigor, que inclusive é conhecida como depressão por endogamia. Eu não consigo imaginar, dentre indivíduos desta sociedade, outro responsável pelo desaparecimento de nossos companheiros!

Gluppp!!

Eu protesto, Excelência!

Protesto aceito! Vamos ouvir o que tem a dizer o advogado de defesa, o **Dr. Weinberg**.

Excelência, minha cliente não pode ser julgada e condenada pelo comportamento de seus parentais. Ademais, endocruzamento não gera, necessariamente, a perda de alelos. Ele provoca uma reestruturação na frequência alélica da população, diminuindo a frequência de heterozigotos. Além de que, a Endogamia não é toda ruim. Sem a Endogamia, como fica a situação do melhoramento genético? E as plantas autógamas?

Excelência, há outra personagem rondando nossas populações e que está tendo grande influência sobre a Endogamia: **A Fragmentação!**

Por fim, gostaria de passar a palavra para a testemunha de defesa: a **Sra. Paisagem**.

OH!!

OH!!

OH!!

Protesto Excelência! A **Fragmentação** e a **Deriva Genética** também devem ser julgadas por esse crime, o que não inocenta a ré.

A **Fragmentação** é uma presença cada vez mais frequente no território brasileiro. Ela reduz o tamanho das populações e limita a conectividade entre estas. A **sra. Endogamia**, devido à sua personalidade volúvel, é influenciada pela **Fragmentação**. Porém, em populações pequenas e fragmentadas, o que efetivamente gera o desaparecimento de alelos é a **Deriva Genética**. Ela é a verdadeira culpada desse crime!!!

Algum tempo depois...

OH!!

Verdade!

SIM!!

NÃO.

Blá, blá, blá

Foi aqui decidido que os responsáveis pelo desaparecimento dos três alelos de nossa população são: a **Fragmentação** e a **Deriva Genética**. Porém a **ré Endogamia** foi considerada cúmplice! Como sentença a ré deverá ser extraditada para uma população autógama. O melhoramento genético também a recebe de braços abertos. Porém, na Ecolândia, a **Endogamia** não deverá mais voltar!

Alusão aos Personagens históricos:

• **Dr. Wright:** Sewall Wright (1889-1988), renomado geneticista americano. Um dos pioneiros no estudo da endogamia. Algumas de suas principais contribuições para a genética de populações são “**Evolution and Genetics of Populations: Genetics and Biometric foundations**” volumes 1, 2, 3 e 4. University of Chicago Press.

• **Dr. Hardy:** Dr. Godfrey Harold Hardy (1877-1947), matemático inglês. Sua maior contribuição para a genética de populações foi publicada em 1908 “Mendelian proportions in a mixed population” – *Science*, 28 (706): 49–50. Uma explicação matemática para a dinâmica de alelos dentro de populações.

• **Dr. Weinberg:** Wilhelm Weinberg (1862-1937), físico e médico alemão. Sua maior contribuição para a genética de populações, também publicada em 1908, foi “Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen”. *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* 64: 368–382. Este trabalho e o de Hardy, supracitado, apresentavam modelos de variações de frequências alélicas em populações ao longo de gerações. Sendo assim, postulado o **Teorema de Hardy-Weinberg**.

Agradecimentos

Agradecemos a Yin Tian, um artista nas ruas de New York, NY, USA, quem fez as imagens deste trabalho.

Referencias Bibliográficas

- HARTL, D.L.; CLARK, A.G. 2006. **Principles of Population Genetics**. 4 ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland.
- HEDRICK, P.W. 2005. **Genetics of Populations**. 3 ed. Jones & Bartlett Publishers.