

**SIMULAÇÕES DE POPULAÇÕES MENDELIANAS
E O EQUILÍBRIO DE HARDY- WEINBERG
PROPOSTA METODOLÓGICA EM SALA DE AULA**

MORAES, Juliana Donadel*

FILIPON, Luis Filipe*

CANDIAGO, Nathalia Turkot*

ANSILIERO, Rafaela*

GELINSKI, Jane Mary Lafayette Neves**

Resumo

A genética de populações trata da dinâmica do comportamento das frequências gênicas e genotípicas ao longo das gerações de uma população. Neste estudo populações matematicamente simuladas foram avaliadas se estavam em equilíbrio conforme os princípios de Hardy e Weinberg-HW. Pelos princípios de HW, numa grande população mendeliana, as frequências gênicas e genotípicas permanecerão constantes ao longo das gerações, isto é, se fatores como mutação, seleção, migração, desvio meiótico e deriva genética não estiverem atuando sobre essa população. Foram realizadas simulações da composição genética de populações relativa a um par de genes. As populações estudadas derivaram de simulações em sala de aula usando como modelo um conjunto de alunos e alunas que receberam um par de alelos, cada uma para representar sua condição genotípica. Cada população formada foi multiplicada simbolicamente para simular uma grande população. Fatores evolutivos como mutação, migração, deriva genética etc. foram "desencadeados" e os resultados apontaram que tais fatores podem alterar sim, as frequências gênicas, principalmente se ocorrerem cruzamentos preferenciais ou mutações ou um outro fator que leve a desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Palavras-chave: Frequências gênicas. Genotípicas. Alelo.

1 INTRODUÇÃO

Uma população natural dinâmica e saudável é um grupo de indivíduos com grande potencial reprodutivo, capaz de deixar descendentes férteis e, que ao se reproduzirem, compartilham um pool de genes (BURNS, 1991). A genética de populações trata da dinâmica do comportamento das frequências gênicas ao longo das gerações de uma população.

Segundo Vogel (2013), devido ao fato da população humana ser bem documentada, mais do que qualquer outra espécie, existem inúmeras vantagens de se estudar a genética populacional do homem. Segundo o autor, esses estudos aumentam o conhecimento sobre aspectos da evolução humana, quanto o da previsão dos rumos futuros na evolução e, fornecem bases para a compreensão da epidemiologia das doenças genéticas e o planejamento de medidas para sua prevenção.

Anos após as redescobertas de Mendel em 1908, Wilhelm Weinberg e Godfrey Harold Hardy chegaram independentemente, e quase que simultaneamente, às mesmas conclusões a respeito daquilo que é considerado fundamento da Genética de Populações (BEIGUELMAN, [1991-2018]). Tal princípio, diz respeito a "na ausência de migração, mutação e seleção as frequências genicas e genotípicas, permanecem constantes dentro de limites estreitos, geração após geração, em uma população grande com cruzamentos ao acaso" (BURNS; BOTTINO, 1991). E, ainda, os alelos interagem uns com os outros e com o ambiente, resultando no efeito de seleção exercida sobre esses genes. As conclusões concordantes a que chegaram Hardy e Weinberg passaram a ser conhecidas como a lei do Equilíbrio de Hardy e Weinberg ou, mais simplesmente, Princípio de Hardy e Weinberg (BEIGUELMAN, [1991-2018]). O princípio de Hardy-Weinberg pode ser usado para determinar a frequência de cada alelo na população, além da frequência de heterozigotos e de homozigotos sob várias condições, tal qual, genes codominantes, genes complementares dominantes, alelos múltiplos e genes ligados ao sexo (BORGES-OSÓRIO, 2013). Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar se as frequências gênicas ($p+q$) e genotípicas

$(p^2+2pq+q^2)$ de uma população permanecem constantes ou não na existência de fatores como por migração, mutações, deriva genética, alelos letais etc.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 METODOLOGIA

Durante o componente curricular de Genética II, os acadêmicos da 4ª fase do curso de Biotecnologia Industrial da Universidade do Oeste de Santa Catarina, totalizando 18 alunos, representaram populações. Para tal, cada acadêmico retirou dois papéis ao acaso de um cesto, em que cada um constituía um alelo ("A" ou "a"), formando assim, um par de genes não ligados ao sexo que compunha o genótipo de um indivíduo. Dessa forma, constituiu-se a população 1, caracterizada por possuir pares de alelos AA, Aa e aa, obtidos ao acaso.

A fim de representar a População 2, os indivíduos que possuíam em seu genótipo o alelo "a", emigraram. De outra forma, a população 3 contou com presença de alelos letais, os quais levaram a morte dos indivíduos homocigotos recessivos. Na população 4, os indivíduos com alelos "Aa" foram selecionados (por seleção natural). E, finalmente, para compor a população 5, os indivíduos "sofreram cruzamentos aleatórios" (as luzes da sala de aula foram apagadas para que cada indivíduo trocasse um dos papéis contendo um alelo com outro colega, sem enxergar o alelo que estava trocando). Isto resultou numa população nova. Os valores obtidos de cada população após sofrer força seletiva foram multiplicados por fator de 1000x a partir de um número sorteado para cada população, ou seja para constituir uma grande população simulada de indivíduos potencialmente cruzantes. Para os cálculos das frequências alélicas de cada população foram utilizadas as equações 1 e 2. De outra forma, a frequência genotípica de cada população foi calculada segundo a equação 3.

$$f(A) = (\text{n}^\circ \text{ de alelos "A"}) / (\text{Número total de alelos}) \quad (1)$$

$$f(a) = (\text{n}^\circ \text{ de alelos "a"}) / (\text{Número total de alelos}) \quad (2)$$

$$p^2+2pq+q^2=1 \text{ (quando em Equilíbrio de HW)}$$

(3)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das simulações para composição de populações genéticas estão apresentados nas Figuras 1 a 5. Cada população foi analisada quanto ao atendimento aos Princípios de Hardy-Weinberg, ou seja, se estava ou não em equilíbrio de HW.

Na população 1 a soma das frequências genotípicas foi igual a 1. Devido a isso, pode-se afirmar que a mesma está em equilíbrio de Hardy-Weinberg (BURNS; BOTTINO, 1991). Desta forma, ela representa uma população numerosa, com cruzamentos ao acaso, sem efeitos migratórios e ausência de mutações.

Devido à migração de indivíduos com alelo "a", na população 2 observaram-se desvios do equilíbrio de HW. A ausência do alelo "q" culmina com alteração do fluxo gênico. Fontequet et al. (2014) afirmam que as migrações geram desvios do equilíbrio de HW, conforme analisado no presente estudo. Assim, Borges-Osório e Robinson (2002) também reforçam que as frequências de populações é influenciada pela migração de indivíduos.

De outra forma, na população 3 ocorreu a presença de alelos recessivos letais em homozigose. Esses alelos, alteraram o equilíbrio de HW, pois segundo Santos (2018) proporcionam alterações nos valores esperados em cada cruzamento, devido a morte dos indivíduos a curto ou longo prazo. As alterações do genótipo, que surgem repentinamente podem ser caracterizadas como mutação, as quais podem ser benéficas, neutras ou deletérias (PERUQUETTI, [2014-2018]). Segundo o autor para novos genes se estabelecerem em uma população, mecanismos de evolução devem agir.

A População 4 teve os indivíduos portadores de alelos "A" e "a" (Aa) sofreram processo de seleção natural. Assim, nesse evento, os indivíduos melhor adaptados ao meio são selecionados, podendo passar esses genes adiante, tendo sua frequência aumentada. Enquanto aqueles que

apresentam alguma desvantagem funcional ou estrutural, têm sua frequência diminuída, alterando o equilíbrio de HW (BLACK 2002; FERREIRA; SILVA, 2017), conforme observado no presente estudo. Por outro lado, pode haver baixa variabilidade genotípica, ocorrer deriva genética, ou seja, variação aleatória nas frequências gênicas, sem que se possa prever sua direção ou intensidade (PANTALEÃO, [2012-2018]). A população 5 passou por uma rodada simbólica de acasalamentos ao acaso e, conforme pressupõem os princípios de Hardy-Weinberg-HW, a mesma estava em equilíbrio.

3 CONCLUSÃO

A partir do exposto, nota-se os que populações com grande número de indivíduos e sem a presença de mecanismos que propiciem diversidade genética, tais como migração, mutação, seleção natural, acasalamentos preferenciais ou deriva genética, tendem as frequências alélicas e genotípicas manterem-se constante e em equilíbrio. Contudo, quando estes fatores ocorrem geram alterações no fluxo gênico com desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg.

O estudo realizado a partir de uma atividade prática em sala de aula usando como "atores" discentes portando indicações simbólicas dos genótipos possibilitou reforçar os conhecimentos sobre genética de populações e os princípios que regem o Equilíbrio de Hardy-Weinberg.

REFERÊNCIAS

BEIGUELMAN, Bernardo. Livros on-line do Prof. Dr. Bernardo Beiguelman.

Disponível em:

<<http://lineu.icb.usp.br/~bbeiguel/Genetica%20Populacoes/Cap.1.pdf>>.

Acesso em: 30 ago. 2018.

BLACK, Jacquelyn G. Microbiologia: fundamentos e perspectivas. 4. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 829p.

BORGES-OSÓRIO, Maria Regina; ROBINSON, Wanyce Miriam. Genética humana. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2013. viii, 775p.

BURNS, George W.; BOTTINO, P. J. Genética. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991. 381p.

FERREIRA, Máira da Silva Navarro; SILVA, Edson Pereira da. Jogos tipo "bean bag" em aulas de evolução. Revista Ensaio. Belo Horizonte, v.19. 2017.

FONTEQUE, Graziela Vieira et al . Genetic polymorphism of fifteen microsatellite loci in Brazilian (blue-egg Caipira) chickens. Pesq. Vet. Bras., Rio de Janeiro , v. 34, n. 1, p. 98-102, Jan. 2014 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2014000100016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 25 ago. 2018.

PANTALEÃO, Silmara de Moraes. Fatores geradores de variabilidade genética. [2012-2018]. Disponível em:<http://www.cesadufs.com.br/ORBI/public/uploadCatalago/08591902092013Evolucao_Aula_3.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2018.

PERUQUETTI, R.C. Genética básica: Unidade 4 - genética de populações: desvios do equilíbrio de Hardy-Weinberg. In: Genética básica. [2014-2018]. Disponível em <http://www.ufac.br/ccbn/genetica>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

SANTOS, Vanessa Sardinha dos. "Alelos letais"; Brasil Escola. 2018. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/alelos-letais.htm>>. Acesso em: 25 ago. 2018.

VOGEL, Friedrich. Genética Humana: Problemas e Abordagens. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

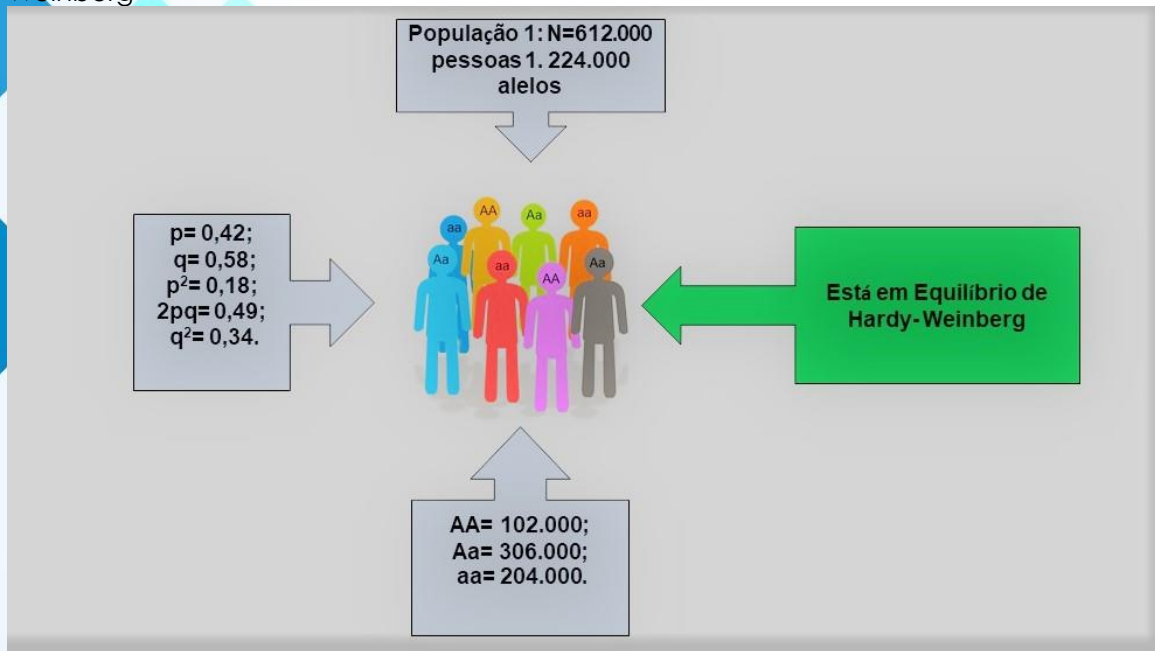
Sobre o(s) autor(es)

* Bacharelados em Biotecnologia Industrial, Unoesc Videira,SC -

E-mails:<jdona13@gmail.com; luisfilipefilipon8@gmail.com; nathalia.turkot@hotmail.com; rafaelaansiliero19@gmail.com;

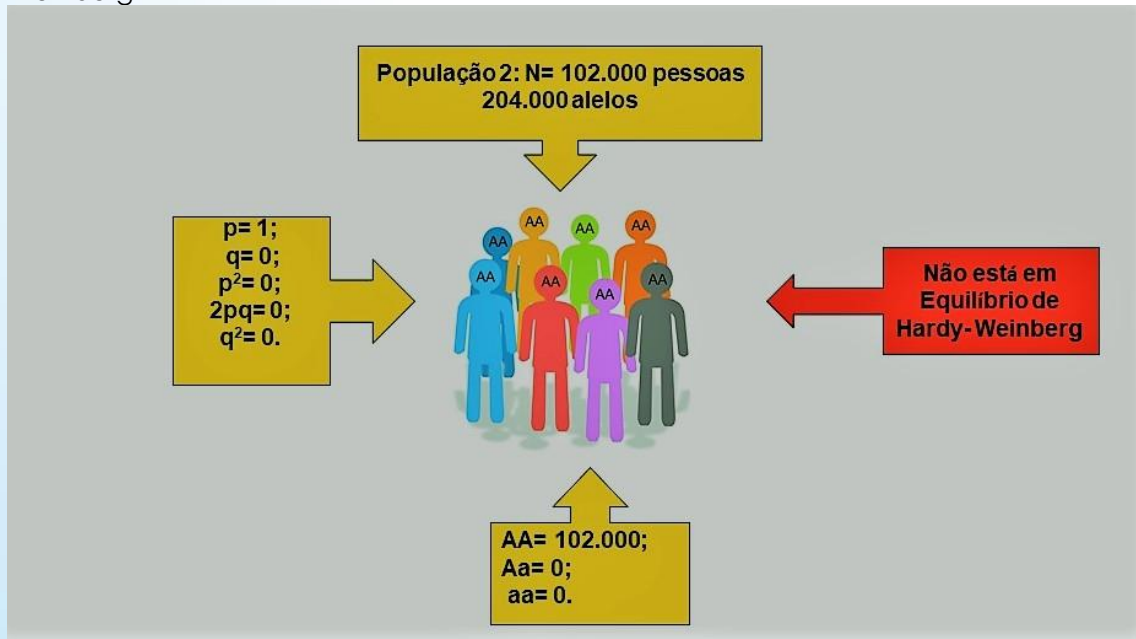
**Professora orientadora, componente curricular Genética II (Genética de Populações).

Figura 1 - População mendeliana 1 simulada e avaliação quanto ao equilíbrio de Hardy-Weinberg



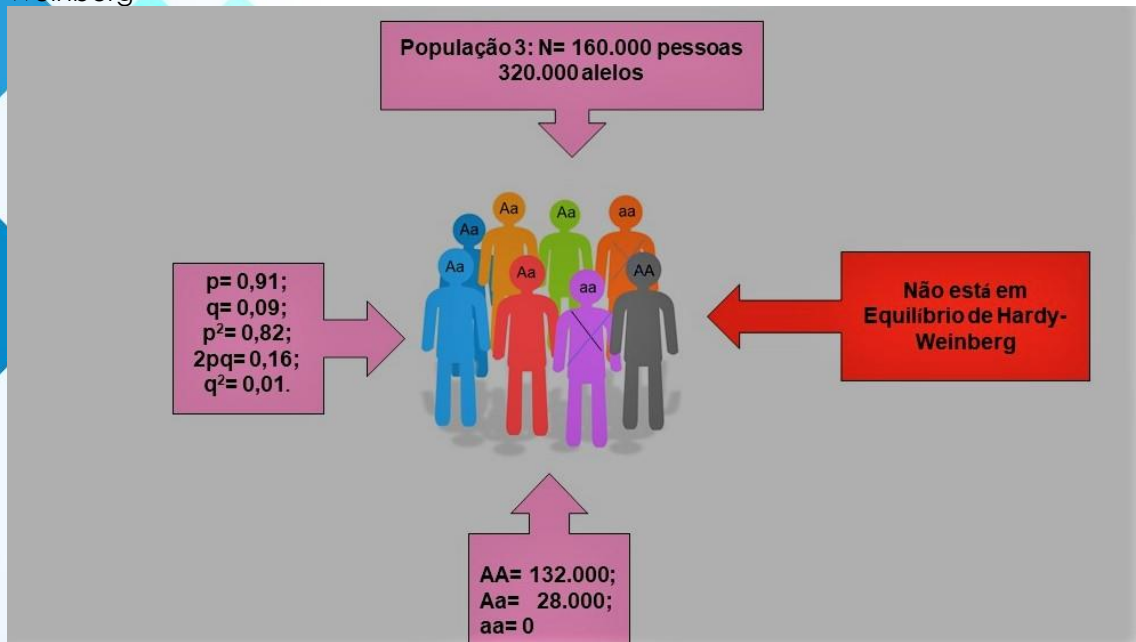
Fonte: Os autores (2018)

Figura 2 - População mendeliana 2 simulada e avaliação quanto ao equilíbrio de Hardy-Weinberg



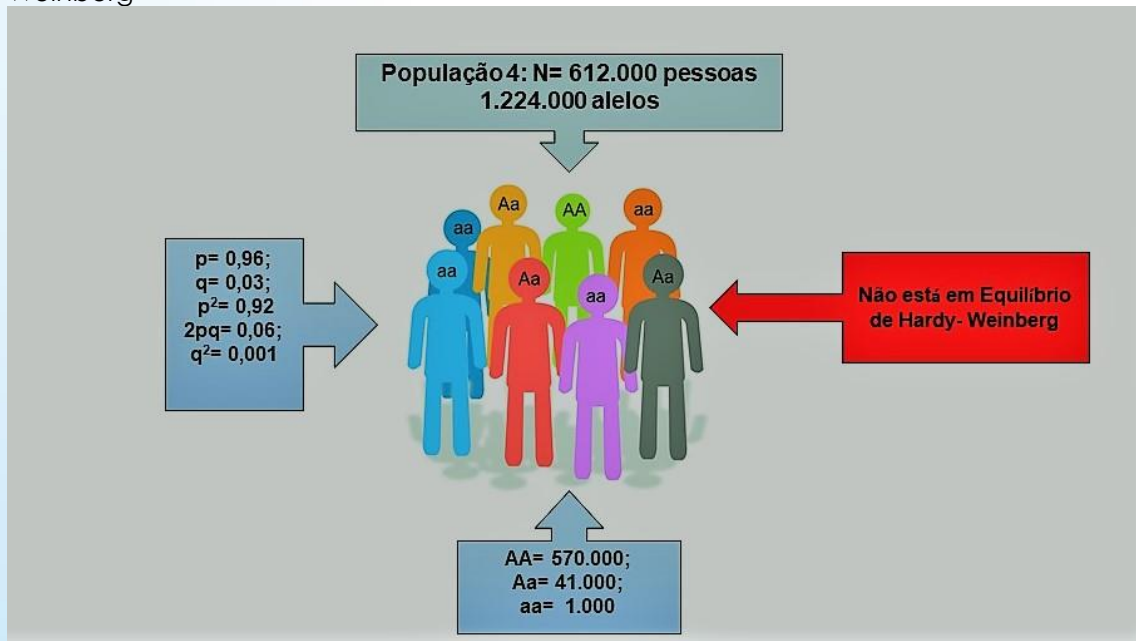
Fonte: Os autores (2018)

Figura 3 - População mendeliana simulada 3 e avaliação quanto ao equilíbrio de Hardy-Weinberg



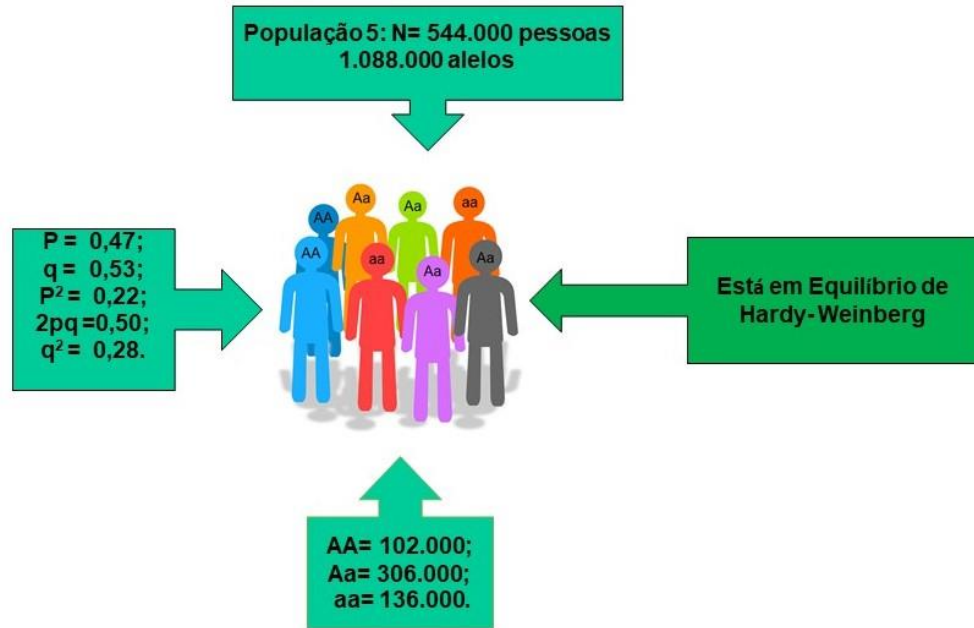
Fonte: Os autores (2018)

Figura 4 - População mendeliana 4 simulada e avaliação quanto ao Equilíbrio de Hardy-Weinberg



Fonte: Os autores (2018)

Figura 5 - Título da imagem



Fonte: Os autores (2018)

Título da imagem

Fonte: Fonte da imagem