

# DINÂMICA DOS BOTÕES NO ENSINO DO EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG

Rafael César Bolleli Faria

Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS)  
*Campus Inconfidentes/MG-Brasil*

Ana Maria Bonetti

*Professora de Genética da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Uberlândia/MG-Brasil*

Natália Miranda Goulart

Aluna do Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS)  
*Campus Inconfidentes/MG-Brasil*

**RESUMO:** O trabalho propôs apresentar uma prática entre botões metálicos (alelos de um indivíduo) para formar uma população. Para isso, foi elaborada uma dinâmica de «Genética de populações» capaz de abordar as frequências alélicas, genotípicas e fenotípicas, além de fatores evolutivos. A atividade foi aplicada aos alunos do 3º ano do Ensino Técnico Integrado do IFSULDEMINAS-Inconfidentes/MG - Brasil. Para avaliação da aprendizagem os alunos tiveram que preencher cinco tabelas que envolviam os cálculos das frequências. Cerca de 90% dos alunos responderam as atividades de forma correta, como também descreveram toda a concepção do princípio de Hardy-Weinberg. Os resultados indicaram que os discentes assimilaram significativamente o conteúdo proposto e a dinâmica propiciou visualizar que as frequências genotípicas e alélicas não mudam ao longo das gerações em equilíbrio.

**PALAVRAS CHAVE:** jogos didáticos, genética de populações e aprendizagem.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi de propiciar uma dinâmica para o ensino do conteúdo de genética de populações utilizando um modelo didático (botões metálicos de pressão). Além disso, a dinâmica propunha a avaliação dos alunos pela construção de uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, calculando as frequências alélicas, genotípicas e fenotípicas.

## MARCO TEÓRICO

Mesmo diante de metodologias inovadoras no campo da educação, como: os softwares de informática, o uso de multimídias, 3D, a interação via internet e redes sociais, o professor ainda encontra muitas dificuldades em sala de aula, principalmente no sentido de motivação dos discentes para a aprendizagem.

---

Sabemos que uma aula mais dinâmica e elaborada requer também mais trabalho por parte do professor; por outro lado, o retorno pode ser bastante significativo, de qualidade e gratificante quando o docente se dispõe a criar novas maneiras de ensinar, deixando de lado a «mesmice» das aulas rotineiras.

Diversos autores têm apontado problemas no ensino de genética a nível médio. Entre os principais problemas destacam-se: a má formação docente (Scheid, 2006); a dificuldade na compreensão de termos e conceitos em genética (Alves, 2005); má qualidade dos livros didáticos (Ferreira, 2005); e desinteresse dos alunos pelas aulas (Freitas, 2005).

Segundo Campos e colaboradores (2003) os conceitos abstratos de genética, tornam difíceis a sua compreensão pelos alunos. Da maneira teórica e de certo modo muito expositivista, como tem sido feito o ensino, propiciamos somente a memorização de sequências de possíveis combinações entre as letras, sem que o aluno entenda o que é um gene e como ele se comporta nas gerações.

Dessa forma, é necessário proporcionar aos professores estratégias de ensino e aprendizagem, além de criar novos recursos, adequados ao espaço e ao tempo disponível em aula, que permitam superar as dificuldades associadas ao ensino e à aprendizagem de Genética, em particular de Genética de Populações (Griffiths, 2000).

O conhecimento da dinâmica dos genes e seu comportamento em populações são essenciais para um bom entendimento de Evolução, de Melhoramento Genético, bem como de Genética Geral. Muito embora os princípios básicos da Genética de Populações sejam relativamente simples, a sua demonstração na prática é geralmente demorada, em virtude do espaço de tempo entre uma geração e outra.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A atividade proposta foi aplicada a três turmas do 3º ano do Ensino Técnico Integrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidente/MG – Brasil, totalizando 90 alunos. Destes, foram montados grupos de quatro a seis alunos e entregue a cada grupo uma caixa contendo os botões metálicos e os potes para propiciar o cruzamento ao acaso (Figura 01). Após isso, foi entregue um roteiro baseado na proposta de Klautau-Guimarães e colaboradores (2008) com os seguintes passos e tabelas:

- a) Empregam-se botões metálicos de pressão, que se encaixam, podendo-se designar um tipo de masculino e outro de feminino.
- b) Esses botões são disponíveis nas cores brancas e pretas, sendo que estas cores representam os alelos de um loco. O de cor branca representa o alelo A1 e a cor preta o alelo A2 (Figura 02).
- c) Deverão existir em disponibilidade cerca de 100 pares de botões para cada aluno, sendo 50 brancos e 50 pretos (Figura 03).
- d) Dois botões brancos unidos constituem um indivíduo homocigoto A1A1, dois botões pretos unidos constituem um indivíduo homocigoto A2A2 e um botão branco e um preto constitui um indivíduo heterocigoto A1A2. Cada botão representa um gameta.



Fig. 01. Grupo de alunos montando uma «população de botões» e preenchendo as tabelas das gerações.

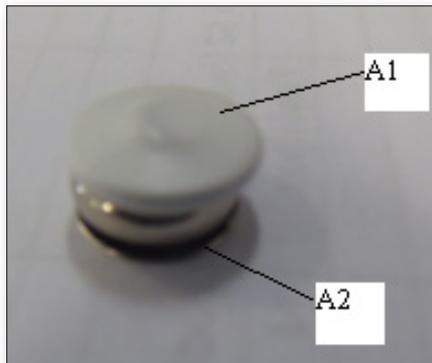


Fig. 02. Demonstração de um indivíduo heterozigoto, união dos alelos A1 e A2.



Fig. 03. Conjunto de alelos A1 e A2 distribuídos para cada grupo de alunos.

Procedimentos para a dinâmica dos botões:

- a) Foi construída uma população de 50 indivíduos (100 alelos), utilizando cinco modelos de frequências gênicas diferentes (grupo 1: 20 alelos brancos e 80 pretos; grupo 2: 40 alelos brancos e 60 pretos; grupo 3: 50 alelos brancos e 50 pretos; grupo 4: 60 alelos brancos e 40 pretos; grupo 5: 80 alelos brancos e 20 pretos), sendo que são 50 machos e 50 fêmeas, foram misturados todos os alelos em um pote. Após isso, foram montados os 50 indivíduos, encaixando um alelo masculino com um feminino. Desta forma, a população é constituída de certo número de indivíduos A1A1, outro número de indivíduos A1A2 e outro número de indivíduos A2A2.
- b) Foi solicitado que os alunos preenchessem as frequências gênicas, genotípicas e de indivíduos na população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, conforme as tabelas 01, 02, 03 e 04. Os modelos das tabelas foram:

Tabela 01.  
Frequências fenotípicas, genotípicas e alélicas da Geração 01.

Genótipos	Fenótipos	N	Freq. Genótipo	Freq. Fenótipo	Freq. Alélica
A1A1					A1 =
A1A2					A2 =
A2A2					
Total					

Tabela 02.  
Frequências fenotípicas, genotípicas e alélicas da Geração 02.

Genótipos	Fenótipos	N	Freq. Genótipo	Freq. Fenótipo	Freq. Alélica
A1A1					A1 =
A1A2					A2 =
A2A2					
Total					

Tabela 03.  
Frequências fenotípicas, genotípicas e alélicas da Geração 03.

Genótipos	Fenótipos	N	Freq. Genótipo	Freq. Fenótipo	Freq. Alélica
A1A1					A1 =
A1A2					A2 =
A2A2					
Total					

Tabela 04.  
Comparação das frequências esperadas no equilíbrio de Hardy-Weinberg com as frequências observadas.

Genótipos	Freq. esperada	N	Freq. observada	N
A1A1				
A1A2				
A2A2				
Total				

Correlacionando o princípio de Hardy-Weinberg e os fatores que promovem a evolução, foi solicitado que os alunos criassem um fator evolutivo o qual modificaria a frequência alélica inicial (Tabela 05).

Avaliações das frequências após ação de um fator evolutivo  
Situação:

Tabela 05.  
Compare as frequências obtidas na nova geração,  
com as proporções esperadas no equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Geração Inicial			Geração após a situação		
Genótipos	N	Freq. Genótipos	N	Freq. Genótipos	Freq. Alélica
A1A1					A1 =
A1A2					A2 =
A2A2					
Total					

Para melhor aprendizagem e entendimento dos fatores evolutivos nesta dinâmica, os fatores foram isolados e trabalhados separadamente, mas é importante ter em mente que as populações naturais são afetadas simultaneamente por esses fatores, e a evolução resulta de uma interação complexa dos processos naturais (Pierce, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dos 15 grupos formados, apenas dois grupos apresentaram dados inconsistentes quanto às frequências gênicas, as quais deveriam manter constante ao longo das gerações. A pequena diferença encontrada nos valores foi explicada por reposição diferente dos alelos, como também montagem incorreta da população. Dessa forma, cerca de 90% dos alunos apresentaram os dados corretos, mantendo constante as frequências gênicas e genotípicas ao longo das três gerações.

Foi avaliado que por mais que os valores absolutos das frequências fenotípicas mudem em relação às frequências genotípicas, quando analisado a tabela 04, onde temos a média das frequências observadas, essa diferença torna-se mínima, aproximando os valores concretos obtidos pelo número de indivíduos.

Destacamos ainda algumas respostas dos alunos quanto à pergunta –«Observando os resultados obtidos acima, qual a conclusão com relação às frequências gênicas e genotípicas e o equilíbrio de Hardy-Weinberg?» As respostas foram:

O resultado observado é muito próximo em todas as tentativas, sendo algumas iguais em relação a frequência gênica e genotípica. Confirmando a teoria de equilíbrio de Hardy-Weinberg.

Uma população em equilíbrio, ou seja, sem influências que afetem as frequências e gênicas, os cruzamentos entre os indivíduos resultam em frequências fenotípicas aproximadas às frequências genotípicas. No entanto se algum fator intervier no número de indivíduos as frequências gênicas se alteram, porém em menor proporção no heterozigoto.

Analisamos que as populações mantêm o equilíbrio (mesmo com o cruzamento ao acaso). Os dados da frequência gênica somente mudaram após o fator evolutivo criado.

---

Quanto as frequências gênicas e genotípicas, estas se mantiveram constantes dada a situação de permanência dos mesmos alelos na população. Entretanto, as frequências fenotípicas isoladas apresentaram modificações, mas não na média fenotípica. Por fim, ao ocorrer imigração para o referido ambiente, todos os números, alteraram-se, confirmando o equilíbrio de Hardy-Weinberg, em que só ocorrem tais modificações na presença de um fator evolutivo, nesse caso a migração.

Quando não há a interferência de fatores evolutivos, as frequências genotípicas e alélicas são constantes.

Ao longo da segunda geração e no restante da dinâmica, percebemos a empolgação dos alunos verificando a «coincidência» das frequências genotípicas e alélicas e promovendo aí a concepção do equilíbrio gênico. Uma situação marcante foi o encontrado com os valores de 50 alelos A1 e A2. Nesse cenário temos sempre uma equivalência ao longo das gerações entre os indivíduos homocigotos (A1A1 e A2A2). Essa percepção visual pelos alunos foi extremamente significativa para entender o equilíbrio. Foi perceptível como as discussões e a interação entre os alunos (entre o grupo) e com o professor sobre a dinâmica contribuiu para a ampliação da compreensão da própria formação das populações, de forma que os alunos percebiam a possibilidade de mudanças nas frequências dependendo do fator evolutivo, vislumbrando ao próprio cotidiano.

Segundo Vygotsky (2001), a aquisição de significados é um processo coletivo, partilhado, feito nas interações em que cada indivíduo se apropria e reconstrói esses significados, processos observados ao longo da dinâmica.

## CONCLUSÕES

Durante a realização da atividade, foi possível notar que houve uma motivação por parte dos alunos, para executar a tarefa. Isso mostra a propriedade da dinâmica em despertar o interesse e estimular o raciocínio e a criatividade ao resolver o problema proposto.

A dinâmica também possibilitou a socialização, promovendo o trabalho em grupo. Dessa forma, exercitou a habilidade dos alunos em respeitar as diferentes opiniões e tomar decisões para o preenchimento das tabelas.

Observou-se que o uso de metodologia alternativa, como o modelo didático proposto, foi eficaz para auxiliar a aprendizagem, principalmente pela característica abstrata do conteúdo de Genética de Populações (Galagovsky, 2001). Foi possível perceber que os alunos gostaram da experiência e que conseguiram aprender e compreender o princípio de Hardy-Weinberg, como também os fatores evolutivos, além de reforçar o conteúdo da transmissão das características (leis de Mendel), o que mostra que a dinâmica dos botões pode ser utilizada não apenas pelo lúdico, mas também para aprender os conceitos básicos.

Assim, o uso do modelo proposto se mostrou uma forma eficiente para trabalhar conceitos e relações dentro do conteúdo de genética de populações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, M.; Stella, C.; Yankilevich, M.L.; Galagovsky, L. (2005) Una simulación con planilla de cálculo para el aprendizaje de mecanismos evolutivos a partir del equilibrio de Hardy-Weinberg. *Enseñanza de Las Ciencias*, Number Extra.
- Alves, S.B.F.; Caldeira, A.M.A. (2005). Biología e ética: um estudo sobre a compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma/DNA. Ensaio. *Pesquisa em Educação em Ciências*, 7(1). pp. 1-12.

- 
- Beiguelman, B. (2008). *Genética de Populações Humanas*, Ribeirão Preto: SBG.
- Campos, L. M. L., A. K. C. Felício; T. M. Bortoloto. (2003). A produção de jogos didáticos para o ensino de ciências e biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem. *Caderno dos Núcleos de Ensino*, pp. 35-48. Disponível em: <<http://www.unesp.br/prograd/PDFNE2002/aproducaodejogos.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2012.
- Ferreira, P. F. M. (2005). A abordagem do DNA nos livros de biologia e química do ensino médio: Uma análise crítica. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(1). pp. 1-13.
- Freitas, D. S.; Silva, G.B. (2005). *A genética numa perspectiva cultural*. In: I Encontro Nacional de Ensino de Biologia e III Encontro Regional de Ensino de Biologia, Rio de Janeiro. Anais do I ENEBIO e III EREBIO. Rio de Janeiro: UFRJ, v. 1. pp. 194-197.
- Galagovsky, L.; Adúriz Bravo, A. (2001). Modelos Científicos y Modelos Didácticos en la enseñanza de Ciencias naturales. El Modelo Didáctico Analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (2), pp. 231-242.
- Griffith, A.J.F.; Mayer-Smithies, J. (2000) *Understanding genetics: strategies for teachers and learners in universities and high schools*. New York: WH freeman and Company.
- Klautau- Guimarães, M. N; et al. (2008). Dinâmica dos Alfinetes no Ensino da Genética de Populações. *Genética na escola*. 3(2), pp. 42-46.
- Pierce, B.A. (2008). *Genetics: A Conceptual Approach*. 3<sup>rd</sup> ed., New York: Freeman and Company.
- Ridley, M. (2006). *Evolução*. Porto Alegre: Artmed.
- Scheid, N. M. J.; Ferrari, N. (2006). A história da ciência como aliada no ensino de genética. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, 1(1), pp. 17-18.
- Vigotsky, L.S. (2001). *Psicologia Pedagógica*. São Paulo: Martins Fontes.