

METHODOLOGY

**GENPOP2 – UM PROGRAMA PARA MICROCOMPUTADORES EM LINGUAGEM
BASIC PARA AUXÍLIO NO ENSINO FUNDAMENTAL DE GENÉTICA
DE POPULAÇÕES
(GENPOP2 – A Program in BASIC for Teaching Population Genetics
with Microcomputers)**

Sergio Russo Matioli

ABSTRACT

The GENPOP2 microcomputer program was developed as an aid to the teaching of Basic Population Genetics. It was written in Portuguese and simulates deterministically the following evolutive processes: natural selection, migration and equilibria within sex-linked alleles. The GENPOP2 program also simulates stochastically the genetic drift process. The GENPOP2 program is available free of charge upon request.

INTRODUÇÃO

Uma das principais dificuldades do ensino, em nível de graduação, de disciplinas que abrangem a área de Genética de Populações diz respeito à grande restrição de meios possíveis para aulas práticas. Geralmente, uma aula prática que ilustre algum dos fatores evolutivos demanda uma grande quantidade de tempo e de recursos. Embora seja indispensável que os alunos tomem contato com fenômenos biológicos em seres vivos, uma experimentação real dificilmente propiciará uma visualização geral dos fatores evolutivos, ao menos em muitas de suas nuances.

Com a finalidade de suprir esta deficiência, foi desenvolvido o programa

GENPOP2 para microcomputadores, compatível com microcomputadores da linha Apple¹ e da linha IBM-PC/XT/AT², que ilustra os seguintes fatores evolutivos: seleção natural, deriva genética, migração e equilíbrio para genes ligados ao sexo.

DESCRIÇÃO

Seleção Natural

No caso de Seleção Natural, o programa solicita que o aluno forneça os seguintes parâmetros:

a) A frequência inicial de um dos alelos de um loco polimórfico para dois alelos, em uma população de tamanho infinito, com indivíduos diplóides, panmítica, de fertilização cruzada;

b) Os coeficientes de seleção para cada um dos três genótipos possíveis, que serão constantes ao longo de todas as gerações;

c) O número de gerações, limitado ao máximo de 40. Embora haja este limite, o número de gerações possíveis é muito maior, pois é possível realizar várias simulações usando a frequência inicial de uma simulação sendo igual a frequência final da anterior.

O resultado é mostrado na forma de um gráfico de gerações (no eixo das abscissas) por frequência de um dos alelos (no eixo das ordenadas), mostrado na Figura 1. O gráfico vai sendo mostrado de forma animada, ou seja, à medida que ocorrem as gerações. O resultado é determinístico, ou seja, sempre que os parâmetros fornecidos forem os mesmos, o gráfico também o será.

Deriva Genética

No caso de deriva genética, o programa GENPOP2 também solicita a frequência de um dos alelos em uma população nas mesmas condições do caso de seleção natural, com a diferença de que o tamanho da população também é solicitado. Não há limite para o tamanho da população, embora quanto maior for, mais tempo levará a simulação. É um programa que usa o método de Monte-Carlo, atuando, portanto, de forma estocástica.

O número de gerações também é limitado em 40. Em cada gráfico (que segue os moldes do descrito para o caso de seleção natural) podem ser visualizadas quantas populações se desejar, desde que tenham os mesmos parâmetros iniciais (frequência gênica inicial, tamanho da população e número de gerações). Um exemplo de gráfico obtido está representado na Figura 2.

¹Marca registrada da Apple Inc.

²Marcas registradas da International Business Machine.

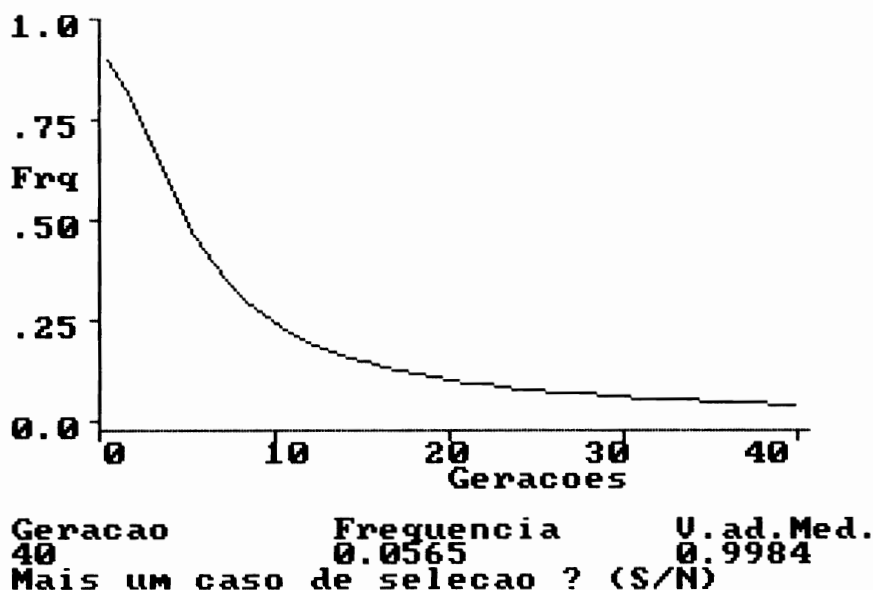


Figura 1 - Tela que mostra o resultado de uma simulação de Seleção Natural. Como frequência inicial de A foi adotado o valor de 0,9. Os coeficientes de seleção contra os genótipos AA, Aa e aa foram, respectivamente: 0,5; 0,0 e 0,0, em quarenta gerações.

Migração

A simulação de migração entre duas populações lida com os seguintes parâmetros: a frequência de um dos genes para cada uma de duas populações e a taxa de migração entre a população 1 e a população 2, sempre unidirecional. Esta taxa de migração reflete a proporção da população 1 que migra para juntar-se à população 2. Neste caso, a ilustração do fenômeno não é feita sob a forma de gráfico, mas sob a forma de dois diagramas que representam as proporções genotípicas das duas populações (Figura 3).

Equilíbrio em caso de genes ligados ao sexo

No caso de genes ligados ao sexo, se as frequências dos alelos forem diferentes nos machos e nas fêmeas, o equilíbrio é atingido de maneira oscilatória (Crow e Kimura, 1970; Otto, 1974). Para ilustrar este fenômeno, o programa GENPOP2 solicita a frequência de um dos alelos ligados ao sexo para os machos e para as fêmeas,

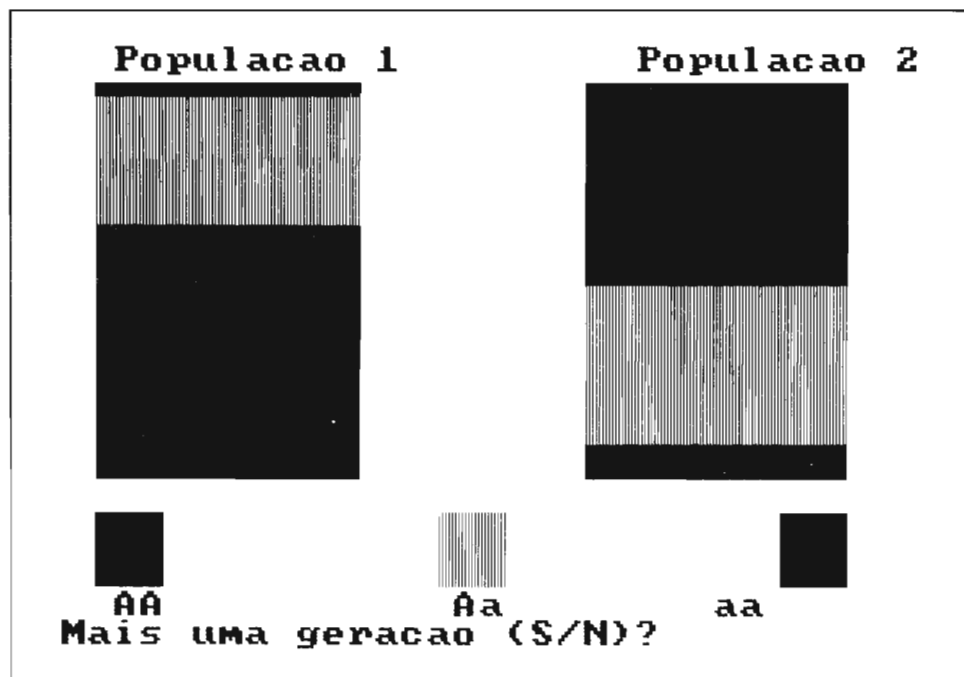


Figura 2 - Tela mostrando o resultado de uma simulação dos efeitos de deriva genética em 5 populações que iniciaram com uma frequência de $A = 0,45$, com $N = 20$ indivíduos em 20 gerações.

além do número de gerações, limitado neste caso a dez. A oscilação das frequências para ambos os sexos também é mostrada sob a forma de gráfico de gerações por frequência (Figura 4).

OBTENÇÃO

Para se obter uma cópia do programa GENPOP2, é suficiente enviar, para o autor, um disquete de 5,25 polegadas, de face simples ou dupla, formatado de acordo com o computador que se deseja trabalhar (se desejar as duas versões – para linha Apple e para a linha IBM-PC/XT/AT são necessários dois disquetes). Além do(s), disquete(s), é importante que se envie as seguintes informações: Tipo de computador, formato usado no disquete, se deseja também o programa-fonte³ (gravado em formato

³ O programa foi escrito de forma que os nomes de variáveis empregados seguem a nomenclatura tradicionalmente utilizada em Genética de Populações. Isto possibilita que os alunos entendam como o programa “funciona”, apenas com alguns rudimentos da linguagem BASIC.

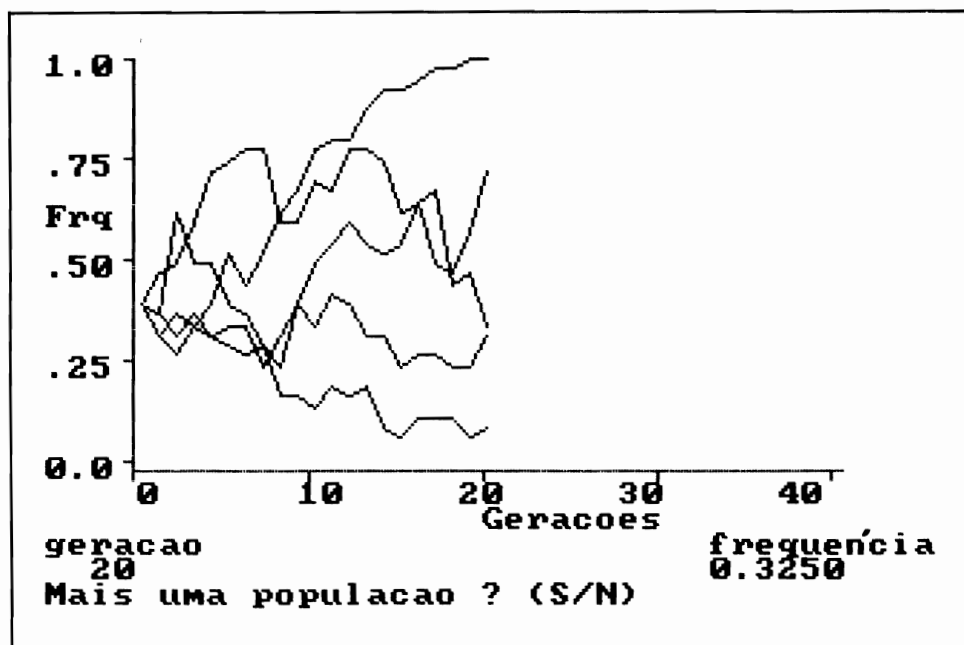


Figura 3 - Tela mostrando os diagramas de duas populações com composições genótípicas diferentes que sofreram o efeito de migração.

ASCII, para a linha IBM-PC/XT/AT) e selos no valor do envio de volta do material. Listagens do programa somente serão enviadas em caráter excepcional. O programa GENPOP2 tem sido utilizado há alguns anos nos cursos que abrangem Genética de Populações para as turmas de Ciências Biológicas, em nível de graduação na USP e na UNICAMP. Para estes cursos, foram elaborados protocolos que são utilizados pelos alunos durante a aplicação do programa, que é feita na forma de aulas práticas. Estes protocolos também encontram-se disponíveis e serão enviados conforme solicitação, na forma impressa, ou na forma de arquivos tipo "Wordstar"⁴, que podem ser enviados no mesmo disquete que o programa, somente no caso de microcomputadores da linha IBM-PC/XT/AT.

OBSERVAÇÕES

O programa GENPOP2 é enviado grátis e o possuidor é livre para fazer quantas cópias desejar e distribuir para quem tiver interesse, desde que não obtenha

⁴ Marca registrada da MicroPro Corporation.

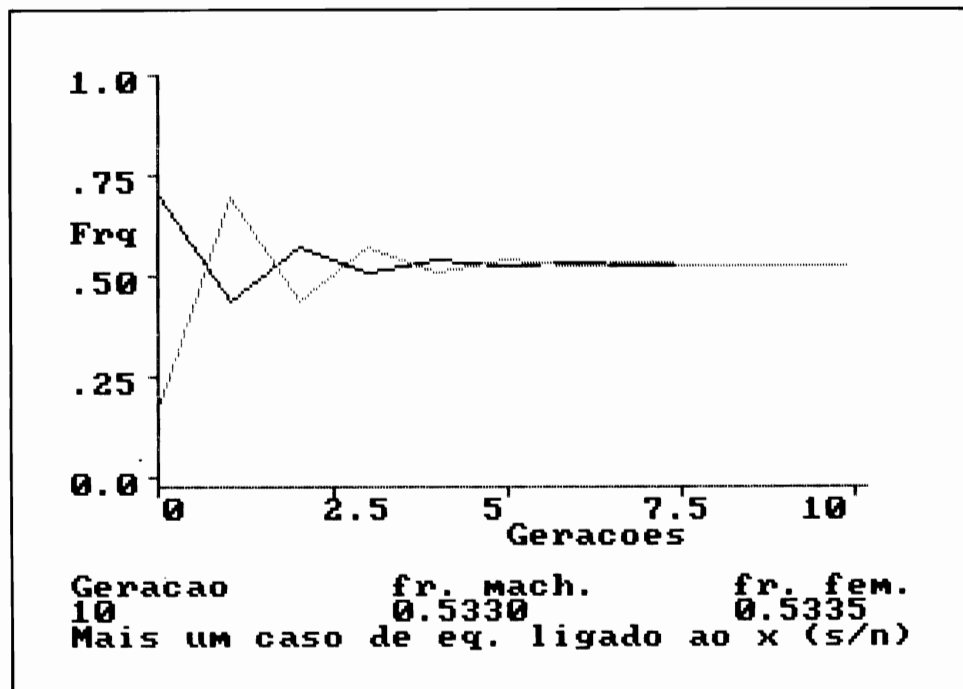


Figura 4 - Tela mostrando o gráfico de frequências gênicas em machos e fêmeas que atingem o equilíbrio após 10 gerações de panmixia.

nenhum lucro pecuniário com a transação e que mantenha os créditos de criação do programa. O autor tem também muito interesse nas críticas e sugestões para futuras modificações no programa.

AGRADECIMENTOS

Publicação subvencionada pela FAPESP.

RESUMO

O programa para microcomputadores GENPOP2 foi desenvolvido com a finalidade de auxiliar o ensino básico da Genética de Populações. Este programa é escrito inteiramente em português e simula de forma determinística os processos de seleção natural, migração e de equilíbrio para genes ligados ao sexo. O processo de deriva genética também é simulado, mas estocasticamente. O programa pode ser obtido gratuitamente, conforme solicitação, de acordo com as instruções descritas no artigo.

REFERÊNCIAS

- Crow, J.F. and Kimura, M. (1970). *An introduction to population genetics theory*. Harper & Row, New York.
- Otto, P.A. (1974). A note on the graphical representation of genetic equilibria: I. Sex-linked genes in random-mating populations. *J. Heredity*, 65: 186-187.

(Recebido em 28 de Janeiro de 1988)