

# Biologia

PROFESSOR FLÁVIO LANDIM



## ASSUNTOS DA AULA.

Clique no assunto desejado e seja direcionado para o tema.

- [Probabilidades em genética e genealogias](#)

## PROBABILIDADES EM GENÉTICA E GENEALOGIAS

As leis de Mendel serão melhor compreendidas se tivermos algumas noções de **probabilidade**. Está claro que não vamos dar aqui um curso de Matemática; queremos apenas discutir algumas regras simples que poderão ajudá-lo a operar com alguns conceitos e resolver problemas de genética.

A ideia de probabilidade nos permite trabalhar com **experiências aleatórias**. Estas se caracterizam por poderem ou não apresentar o mesmo resultado, quando repetidas nas mesmas condições.

Um bom exemplo de experiência aleatória é o lançamento de uma moeda. Nesse caso, existem dois resultados igualmente possíveis: cair **cara** ou cair **coroa**. Ao conjunto dos resultados possíveis, chamamos **espaço amostral**. Assim, o espaço amostral no lançamento de uma moeda é designado por {cara, coroa}. No caso do lançamento de um dado com seis faces, o espaço amostral é {1, 2, 3, 4, 5, 6}.

O encontro de gametas na fecundação é outro exemplo de experiência aleatória. Assim o heterozigoto **Bb** forma dois tipos de gametas. **B** e **b**. Aqui, o espaço amostral é {**B**, **b**}, isto é, o gameta fecundante pode ser **B** ou **b**. Já que os dois tipos de gametas são produzidos em igual número, fica intuitivo aceitar que existe a mesma chance de um óvulo ser fecundado por um espermatozoide **B** ou **b**.

Nos três casos que citamos (moeda, dado e gametas), cada um dos resultados possíveis é chamado de **evento simples**. Já que os eventos simples, nos exemplos dados, ocorreram com igual **chance**, fala-se em **espaço amostral equiprovável**.

Num **espaço amostral equiprovável**, a probabilidade de um evento A é o quociente do número de casos (ou eventos simples) favoráveis à ocorrência de A pelo número total de casos possíveis (ou eventos simples possíveis).

Exemplifiquemos. Qual é a probabilidade do evento “face par” no lançamento do dado? Há **três casos** favoráveis no espaço amostral: o dois, o quatro e o seis, num total de **seis** casos possíveis {1, 2, 3, 4, 5, 6}. Assim,  $P(\text{face par}) = 3/6$

Qual é a probabilidade de obter-se o evento “cara” no lançamento de uma moeda? Apenas **uma** das **duas** faces da moeda representa um caso favorável; assim,  $P(\text{cara}) = 1/2$ .

Qual é a probabilidade de um indivíduo **AA** fecundar um óvulo por um espermatozoide **A**? Já que o indivíduo forma **apenas** gametas **A**, o único caso possível é também o caso favorável. A probabilidade de fecundação por **A** é, portanto,  $1/1$ , ou 1, que corresponde à certeza absoluta de ocorrência de um evento.

**Observação importante!** Repare que na definição de probabilidade a ideia de equiprovável ou “igualmente possível” é muito importante. Se, por exemplo, me perguntarem: “qual é a probabilidade de cair neve sobre a Floresta Amazônica amanhã cedo?”, está claro que responder  $1/2$  é errôneo! De fato, apesar de existirem dois casos, “cair neve” ou “não cair neve”, esses eventos, obviamente, não são igualmente possíveis, não pertencendo, portanto, a um espaço amostral equiprovável.

## A REGRA DO “OU”

Ainda com o exemplo do dado, qual é a probabilidade de, numa jogada, sair o 3 ou 4? Vemos que há dois eventos favoráveis igualmente possíveis e **mutuamente exclusivos**. Tanto serve o 3 como o 4. Dizemos que o 3 ou 4 são **mutuamente exclusivos** porque não podem aparecer juntos no dado em nenhuma circunstância: sair o 3 exclui a possibilidade de sair o 4 e vice-versa.

A probabilidade é obtida pela soma das probabilidades parciais:  $1/6 + 1/6 = 2/6 = 1/3$ .

Outro exemplo: num baralho de 52 cartas, qual é a probabilidade de sair um rei qualquer? A probabilidade de sair um rei de determinado naipe é  $1/52$ . A probabilidade de sair um rei qualquer é dada pela soma:  $P = P(\text{rei de ouros}) + P(\text{rei de copas}) + P(\text{rei de espadas}) + P(\text{rei de paus}) = 1/52 + 1/52 + 1/52 + 1/52 = 4/52$ .

Pode-se então concluir que a probabilidade de **ocorrência de dois eventos mutuamente exclusivos, isto é, da ocorrência de um evento OU de outro, é dada pela SOMA das probabilidades isoladas.**

## A REGRA DO “E”

Uma situação muito frequente num problema de genética é aquela em que necessitamos calcular a probabilidade de dois eventos **independentes** ocorrerem **simultaneamente**. Vamos primeiro explicar essa situação usando exemplos de dados e moedas, e a seguir aplicaremos o que aprendemos a algumas situações de herança.

Vamos supor que se lancem ao mesmo tempo um dado e uma moeda. Qual é a probabilidade de obtermos simultaneamente “cara” e “5”? Veja que são eventos totalmente independentes: o que acontecer na moeda não influirá sobre o resultado do dado. Vejamos quais são os possíveis eventos:

	Moeda cara	Moeda coroa
Dado 1	Cara/1	Coroa/1
Dado 2	Cara/2	Coroa/2
Dado 3	Cara/3	Coroa/3
Dado 4	Cara/4	Coroa/4
Dado 5	Cara/5	Coroa/5
Dado 6	Cara/6	Coroa/6

Percebemos que existem **12 eventos** igualmente possíveis; apenas um deles é favorável (cara e “5”). Aplicando o conceito de probabilidade, falamos que  $P(\text{cara e “5”}) = 1/12$ .

Existe, no entanto, um método mais simples de obter-se esse resultado. Veja bem: a probabilidade isolada de sair “cara” é igual a  $1/2$ ; a probabilidade isolada de sair o 5 é de  $1/6$ . A probabilidade de obtermos a cara e o 5 é obtida pelo produto das probabilidades isoladas:  $1/2 \times 1/6 = 1/12$ .

Outro exemplo: Qual é a probabilidade de, ao jogarmos dois dados simultaneamente, saírem dois “6”? A probabilidade é dada pelo produto:  $1/6 \times 1/6 = 1/36$ .

Pode-se dizer então que a probabilidade de ocorrência simultânea de dois eventos independentes, ou seja, a probabilidade de ocorrer o primeiro E o segundo é dada pelo PRODUTO das probabilidades isoladas.

É preciso, no entanto, observar que, em certos casos, o emprego do cálculo de probabilidade envolve algum raciocínio que, aos menos atentos, pode passar despercebido, implicando conclusões erradas. Vamos exemplificar:

Qual seria a probabilidade de, numa jogada de 3 moedas, tirarmos duas caras e uma coroa? O raciocínio imediato poderia levar a uma conclusão errada. Veja que a possibilidade de dar cara é de  $1/2$ , o mesmo ocorrendo para o coroa. Ora, para dar duas vezes cara e uma vez coroa, deveríamos, então, fazer a seguinte multiplicação:  $1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/8$ .

O resultado final  $1/8$  seria errado. Por quê? Porque, na realidade, existem 3 possibilidades isoladas e diferentes de se obter duas caras e uma coroa:

**1º: CARA – CARA – COROA**  
**2º: CARA – COROA – CARA**  
**3º: COROA – CARA – COROA**

O resultado  $1/8$  corresponde a cada uma dessas possibilidades isoladamente. Logo, se existem 3 possibilidades diferentes de dar duas vezes cara e uma coroa, e nós nos contentássemos com qualquer uma delas, teríamos de levar o raciocínio anterior a mais uma etapa, que seria:  $1/8 + 1/8 + 1/8 = 3/8$ .

Recaímos, portanto, naquele caso de “acontecimentos com mais de uma possibilidade de ocorrência”.

E você verá que, de fato, pelo gráfico da tabela a seguir, existem 3 maneiras de dar duas caras e uma coroa, num total de 8 combinações diferentes entre cara e coroa, quando se usam 3 moedas.

	Moeda 1	Moeda 2	Moeda 3
<b>1º caso</b>	Cara	Cara	Cara
<b>2º caso</b>	Cara	Cara	Coroa
<b>3º caso</b>	Cara	Coroa	Cara
<b>4º caso</b>	Cara	Coroa	Coroa
<b>5º caso</b>	Coroa	Coroa	Coroa
<b>6º caso</b>	Coroa	Coroa	Cara
<b>7º caso</b>	Coroa	Cara	Coroa
<b>8º caso</b>	Coroa	Cara	Cara

O resultado  $1/8$  corresponde a cada uma dessas possibilidades isoladamente. Logo, se existem 3 possibilidades diferentes de dar duas vezes cara e uma coroa, e nós nos contentássemos com qualquer uma delas, teríamos de levar o raciocínio anterior a mais uma etapa, que seria:  $1/8 + 1/8 + 1/8 = 3/8$ .

Recaímos, portanto, naquele caso de “acontecimentos com mais de uma possibilidade de ocorrência”.

E você verá que, de fato, pelo gráfico da tabela a seguir, existem 3 maneiras de dar duas caras e uma coroa, num total de 8 combinações diferentes entre cara e coroa, quando se usam 3 moedas.

$$C_n^p = \frac{n!}{p!(n - p)!}$$

Nesta fórmula,  $n$  é o número dos elementos que entram no “jogo”, isto é, no cálculo, e  $p$  é uma das alternativas. Exemplo: em uma família que pretende ter 5 filhos, qual a probabilidade de 3 serem homens e 2 mulheres?

**Resolução:** Se para cada filho, e igualmente para cada filha, a probabilidade é de  $1/2$ , teremos então:  $P = 1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 \times 1/2 = 1/32$ . Neste caso,  $n = 5$ ;  $p = 3$  (homens), uma das alternativas;  $n - p$  corresponderá a 2 (mulheres), que é a outra alternativa. Assim:

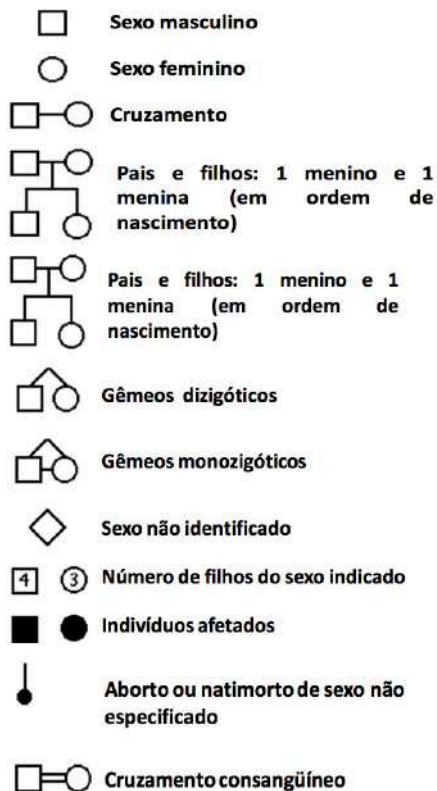
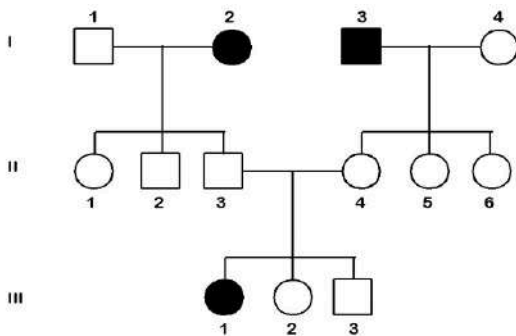
$$C_n^p = \frac{5!}{3!(5-3)!} = \frac{1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5}{1 \times 2 \times 3 \times 1 \times 2} = \frac{120}{12}$$

$120/12 = 10$ ; logo, há 10 combinações diferentes entre 5 filhos, com a condição de serem 3 homens e 2 mulheres. Como existem 10 possibilidades isoladas de se obter essa combinação, devemos, então, somar  $1/32$  dez vezes ou, simplesmente, multiplicar  $10/32$  por 10. E chegaremos, assim, ao resultado final de 10/32.

## GENEALOGIAS OU HEREDOGRAMAS

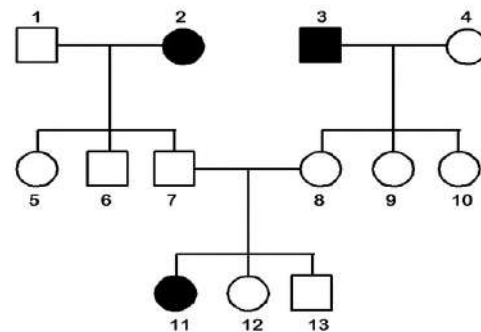
Ao estudar a herança genética na espécie humana, pode-se observar que algumas características seguem um padrão de herança de 1ª lei de Mendel, enquanto que uma grande parte das características seguem padrões mais complicados de herança. Como caracteres que são condicionados de acordo com a 1ª lei de Mendel temos a forma do lobo da orelha, a sensibilidade ao PTC, o tipo de cabelo, os grupos sanguíneos dos sistemas ABO e Rh e outros.

Para estudar características hereditárias em humanos, é comum a utilização de esquemas especiais denominados genealogias, heredogramas ou *pedigrees*. Observe a genealogia abaixo e use a tabela a seguir que descreve as convenções utilizadas nas genealogias.



## EXERCÍCIO COMENTADO: A ANÁLISE DA GENEALOGIA DE UMA CARACTERÍSTICA RECESSIVA

Os indivíduos representados em preto apresentam albinismo, enquanto os outros exibem pigmentação normal. Examine a genealogia abaixo e responda às perguntas:



a) Qual dos dois caracteres, albinismo ou normalidade, é condicionado por um gene dominante? Como você chegou a essa conclusão?

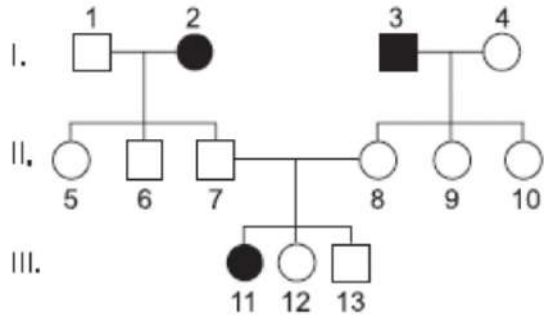
b) Descubra o genótipo de todos os indivíduos apresentados.

Resolução:

a) Para descobrir o gene dominante e o recessivo com segurança absoluta, deve-se encontrar um casal com o mesmo fenótipo que tenha tido um filho com um fenótipo diferente. Observando os membros do casal 7/8, percebe-se que ambos têm pigmentação normal; ainda assim, uma de suas filhas (11) é albina. Isso mostra que o gene para o albinismo está presente no casal, apesar de não se manifestar. Se esse gene não se manifestou, é prova indiscutível de que é re-

cessivo. Então o gene dominante é aquele que condiciona pigmentação normal; o recessivo condiciona albinismo.

b) Para descobrir os genótipos dos indivíduos, inicialmente convencionou-se o uso da letra *a* para indicar o gene para o albinismo e *A* para o gene da pigmentação normal.



Coloca-se inicialmente o genótipo dos indivíduos recessivos na própria genealogia. Todos os indivíduos normais têm pelo menos um gene *A* no seu genótipo. Foi possível determinar que os indivíduos 5, 6, 7, 8, 9 e 10 são, com certeza absoluta, heterozigotos, porque um de seus progenitores é albino e só podia fornecer um gameta (*a*). No caso dos indivíduos 1, 4, 12 e 13 não podemos ter essa certeza; faltam dados para sabermos se são homozigotos ou heterozigotos.

**Tome nota:**