

O USO DE REPRESENTAÇÕES DIDÁTICAS COMO SUPORTE A APRENDIZAGEM DE PROBABILIDADES APLICADAS AO ESTUDO DA GENÉTICA NO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFR/MT

Mauro Osvaldo Medeiros¹

Sueli Maria Alves¹

Marcelo Teiji Kimura²

RESUMO: Na vivência com alunos, percebe-se as suas dificuldades na assimilação da genética e da probabilidade, quando estudada de forma conjunta. Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar a importância do uso de modelos didáticos, contextualizando um experimento aleatório com desenvolvimento binomial para resolver problemas de probabilidade aplicada à genética na expectativa dos descendentes adquirirem uma condição hereditária, auxiliando na aprendizagem dos alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do município de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso. O modelo foi composto por um diagrama de Punnett e o espaço amostral das possibilidades (Ω), para que fossem geradas uma sequência de crianças com a polidactilia e com número normal de dedos em um cruzamento entre indivíduos heterozigotos. O modelo permitiu demonstrar a ocorrência e combinação de eventos independentes, assim como as chances de cada evento acontecer. As probabilidades foram demonstradas pela combinação dos fenótipos, estabelecendo-se a relação com as proporções mendelianas. Concluiu-se que a aplicação desta metodologia simulando o espaço amostral das possibilidades (Ω) com a ocorrência e combinação de eventos independentes, assim como as chances de cada evento acontecer, principalmente, utilizando o emprego do Binômio de Newton, contribuiu tanto no processo de ensino, como também, no processo de aprendizagem, pois, o conteúdo além de ser ensinado teoricamente, também foi praticado e analisado.

Palavras-chave: Modelo Didático, Educação, Genética, Binômio de Newton, Probabilidade, Aplicação.

THE USE OF DIDACTIC REPRESENTATIONS AS A SUPPORT TO THE LEARNING OF PROBABILITIES APPLIED TO THE STUDY OF GENETICS IN THE LICENSE COURSE IN BIOLOGICAL SCIENCES AT UFR/MT

ABSTRACT: In the experience with students, one can see their difficulties in the assimilation of genetics and probability, when studied together. Thus, the objective of this work was to verify the importance of the use of didactic models, contextualizing a random experiment with binomial development to solve problems of probability applied to genetics in the expectation of the descendants to acquire a hereditary condition, helping in the learning of the students of the Licentiate Course in Biological Sciences at the Federal University of the municipality of Rondonópolis in the State of Mato Grosso. The model consisted of a Punnett diagram and the sample space of possibilities (Ω), so that a sequence of children with polydactyly and with a normal number of fingers were generated in a cross between heterozygous individuals. The model allowed to demonstrate the occurrence and combination of independent events, as well as the chances of each event happening. The probabilities were demonstrated by the combination of phenotypes, establishing the relationship with Mendelian proportions. It was concluded that the application of this methodology simulating the sample space of possibilities (Ω) with the occurrence and combination of independent events, as well as the chances of each event happening, mainly, using the use of Newton's Binomial, contributed so much in the process of teaching, as well as in the learning process, since the content, in addition to being theoretically taught, was also practiced and analyzed.

Keywords: Didactic Model, Education, Genetics, Newton's Binomial, Probability, Application.

¹Professor Associado do Dep. Biologia ICEN/CUR/UFMT: mauroosvaldo@bol.com.br; sumalves@yahoo.com.br;

²Biólogo/UFMT/CUR/UFMT - Rondonópolis, MT., marcelokimura99@gmail.com,

INTRODUÇÃO

O Ensino da Genética é muito importante como agente modificador da realidade no processo de formação profissional dos alunos no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do município de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso.

Segundo a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/1996), estudar genética aprimora discussões éticas, sociais, morais e econômicas na construção científica, o aluno vivencia situações da vida humana, entende como acontece a transmissão dos caracteres dos pais para a sua prole, adquire a percepção humana em avaliar os fenômenos e entender como ocorre a hereditariedade, por meio da teoria da probabilidade, que amplia no aluno maneiras de desenvolver os pensamentos e raciocínios, relacionando fenômenos aleatórios e permitem tomar decisões e fazer previsões, em relação à sua própria vida, contribuindo também para a compreensão de diferenças individuais.

Dentre os conhecimentos que o aluno tem que compreender dentro da Genética são entre eles, a compreensão da matemática, quando estudada de forma conjunta para resolver e aproximar soluções de alguns problemas da biologia utilizando métodos e modelos, para formular, estudar e desvendar as dificuldades biológicas. Assim, vem crescendo a relação dessas duas ciências de forma interdisciplinar, e mostrando que a matemática está relacionada diretamente com a Biologia (BASSANEZI, 2006; SHAUGHNESSY, 2007; SAMPAIO & SILVA, 2012; REGINALDO; SHEID; GÜLLICH, 2012; SOUSA et al., 2016; MEDEIROS et al., 2021).

Para os diversos autores o ensino da genética tem uma significativa importância no processo da alfabetização científica. Assim se faz necessário o uso de ferramentas metodológicas que permitam um ensino mais adequado e que seja capaz de chamar a atenção dos alunos e promover uma participação ativa na construção do saber.

Na vivência com alunos, percebe-se as suas dificuldades na assimilação da genética e da probabilidade, quando estudada de forma conjunta. Dessa forma, acredita-se que um dos motivos para as idéias de Mendel permanecerem incompreendidas durante mais de três décadas foi o raciocínio matemático que continham. Mendel partiu do princípio que a formação dos gametas seguia as leis da probabilidade, no tocante a distribuição dos fatores. Esse problema é agravado pela falta de associações dos conteúdos a sua realidade e devido à ausência de atividades interdisciplinares.

A Genética é uma disciplina que utiliza as teorias da probabilidade, pois os acontecimentos nessa área da Biologia envolvem eventos aleatórios, como o encontro dos gametas masculinos e femininos com determinados genes na fecundação. A fecundação ocorrerá ao acaso, pois não sabemos qual espermatozóide, com o gene dominante ou recessivo será responsável pela concepção ou qual célula feminina será fecundada com o gene dominante ou recessivo.

Para que Mendel pudesse chegar aos seus resultados, ele utilizou muitos métodos estatísticos para sua interpretação, calculando as probabilidades de ocorrer os eventos. A probabilidade serve para estimar matematicamente a possibilidade de ocorrer eventos que acontecem ao acaso. Assim, o conhecimento da probabilidade e da genética se completam para estudar a vida, utilizando recursos de possível compreensão ao aluno através da interação de duas matérias importantes, ou seja, a biologia e a matemática.

O estudo dessas duas ciências requer um maior cuidado por parte dos professores para agilizar a compreensão dos alunos e manter eles motivados no entendimento do assunto que pode futuramente influenciar no planejamento familiar de melhor qualidade, no aconselhamento genético para tomada de decisão. Além de ser capaz de exercer mais a sua cidadania e sem preconceitos, compreender melhor as estatísticas oficiais.

No ensino da probabilidade e da genética é fundamental e necessário adotar metodologias de ensino que estimulem nos estudantes, domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna. Sendo que o intuito dessa pesquisa é propor uma sequência didática que facilite a compreensão dos alunos da relação entre probabilidade e genética, que seja mais dinâmica e atraente para a fixação do conteúdo. E desta forma segundo Casagrande (2006), capacitar o estudante a usar a informação genética e o conhecimento das leis de probabilidade para estabelecer julgamento sobre os riscos em relação à prole, divulgar a importância do aconselhamento genético como um auxílio para a tomada de decisões pessoais em relação a diferentes situações, como por exemplo o planejamento familiar ou a aceitação e convivência com familiares afetados por uma doença genética.

Neste estudo, apresentamos uma sequência didática baseada no ensino por atividades com o intuito de conduzir os licenciandos em biologia para um aprendizado mais efetivo dos conceitos probabilísticos, por meio da percepção dos conceitos matemáticos presentes em cada atividade proposta. Posto que o ensino por atividade viabiliza um roteiro dinâmico de interação, participação e descobertas de conhecimentos de forma cognitiva.

Certos experimentos quando realizados repetidas vezes, sob condições idênticas, apresentam resultados diferentes. Tais experimentos são chamados de experimentos aleatórios ou probabilísticos. A Teoria da Probabilidade é o campo da matemática que cria e desenvolve modelos matemáticos para o estudo de tais experimentos. Assim, o objetivo desse trabalho foi verificar a importância do uso de modelos didáticos, contextualizando um experimento aleatório com desenvolvimento binomial para resolver problemas de probabilidade aplicada a genética dos descendentes em adquirir uma doença hereditária, auxiliando na aprendizagem dos alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal do município de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi uma pesquisa quanti-qualitativa de natureza estruturada, desenvolvido na Universidade Federal do município de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso. Os sujeitos de estudo foram 28 (vinte e oito) alunos do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto de Ciências Exatas e Naturais, sendo 36,0% de sexo masculino e 64,0% de sexo feminino, com faixa etária entre 18 e 36 anos.

Para compreender o padrão hereditário das características: polidactilia e nº de dedos normais; e sua relação com a probabilidade de números de crianças a serem geradas, foi elaborado uma sequência didática dividida em duas aulas, de 50 minutos/cada. A atividade de investigação foi organizada em dois momentos, da seguinte forma:

Na primeira aula (50 min) foi composta pela parte introdutória (aula teórica) do tema abordado, de maneira que os alunos pudessem se contextualizar, compreender e se envolver com o tema relacionado. Foi estudado a forma de oferecer ao aluno uma sequência clara sobre a construção dos saberes necessários para se chegar ao desenvolvimento de $(p + q)^n$ para qualquer valor natural de n .

Na segunda aula (50 min) foi aplicado um experimento simulando as composições aleatórias dos descendentes, que envolviam conceitos de análise combinatória, binômio de Newton e probabilidade e um questionário em anexo sobre o tema, sendo considerada a pretensão de um casal de genótipo heterozigoto, portadores da anomalia “polidactilia”, em gerar cinco crianças (Figuras 1 a 6).

Modelo didático proposto simulando seis espaços amostrais

De acordo com o objetivo proposto, o modelo didático (Figuras 1 a 6) foi elaborado após vários estudos, como representações didáticas e fontes de informações, que fossem, para os licenciandos de biologia, de fácil acesso, manipulação, confecção e aplicação, possibilitando a oportunidade de desenvolver consciência crítica, responsabilidade e gosto pela pesquisa, qualidades importantes para a formação de um bom estudante.

A estratégia seguida foi a de observação e coleta de dados em uma pesquisa (Figuras 1 a 6) analisando as informações representativas dos espaços amostrais (Ω) simulando as possibilidades de geração de crianças com a anomalia polidactilia e crianças com número normal de dedos.

Apresentação da situação-problema

A situação-problema escolhida é bem comum nos dias atuais e o assunto ministrado teve como temática a polidactilia que é um termo médico utilizado para descrever dedos extras nas mãos ou dedos a mais nos pés. Uma vez que os dedos extras das mãos ou dos pés estão presentes no nascimento, eles são chamados de uma anomalia congênita.

Desse modo, procurou-se demonstrar um problema apresentado no cotidiano; como a ocorrência e combinação de eventos independentes, assim como as chances de cada evento acontecer, considerado um casal de genótipo heterozigoto portadores da anomalia “polidactilia”, com pretensão de gerar cinco filhos (Figuras 1 a 6) e um questionário em anexo sobre o tema. Dessa forma procurou-se desenvolver a habilidade dos licenciandos em biologia na resolução de problemas e a aplicabilidade da probabilidade em genética em problemas reais.

A Situação-Problema proposta foi a seguinte:

Foram simuladas e ilustradas em espaços amostrais, as ocorrências e possíveis combinações fenotípicas para cinco descendentes que poderiam ser resultantes de um casal de genótipo heterozigoto e que são portadores da anomalia “polidactilia”. As Figuras 1 a 6, simulam como podem ser a distribuição fenotípica de acordo com desenvolvimento do binômio $(p + q)^5$. Admitindo-se p a probabilidade de nascer criança com a anomalia e q a probabilidade de nascer criança com número de dedos normal.

Evidentemente, a “polidactilia” corresponde a um caráter determinado pela existência de genes que conferem aos seres humanos a capacidade de nascer com um dedo extra nas mãos e pés. Os desprovidos de tais genes, nascem com número normal de dedos. Os indivíduos com polidactilia transmitem seus genes aos seus descendentes.

A seguir são simuladas em espaços amostrais, as possíveis combinações de possibilidades fenotípicas, para a geração de crianças com a anomalia polidactilia e crianças com número normal de dedos, originária de um casal de genótipo heterozigoto com pretensões de constituir uma família com cinco crianças (Figuras 1 a 6). Os resultados deste experimento chamar-se-á de espaço amostral e será representado pelo símbolo Ω .



Figura 1. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, mostrando o espaço amostral das possibilidades que um casal heterozigoto tem de constituir uma família com cinco crianças com a polidactilia.

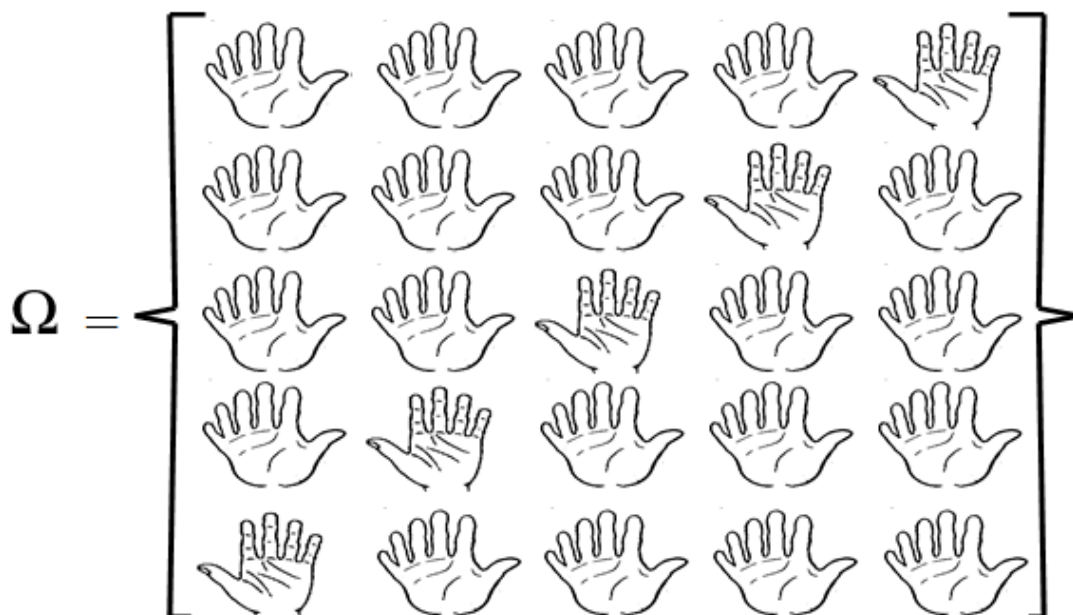


Figura 2. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, mostrando o espaço amostral das possibilidades que um casal heterozigoto tem de constituir uma família com 4 crianças com a polidactilia e uma com número normal de dedos.

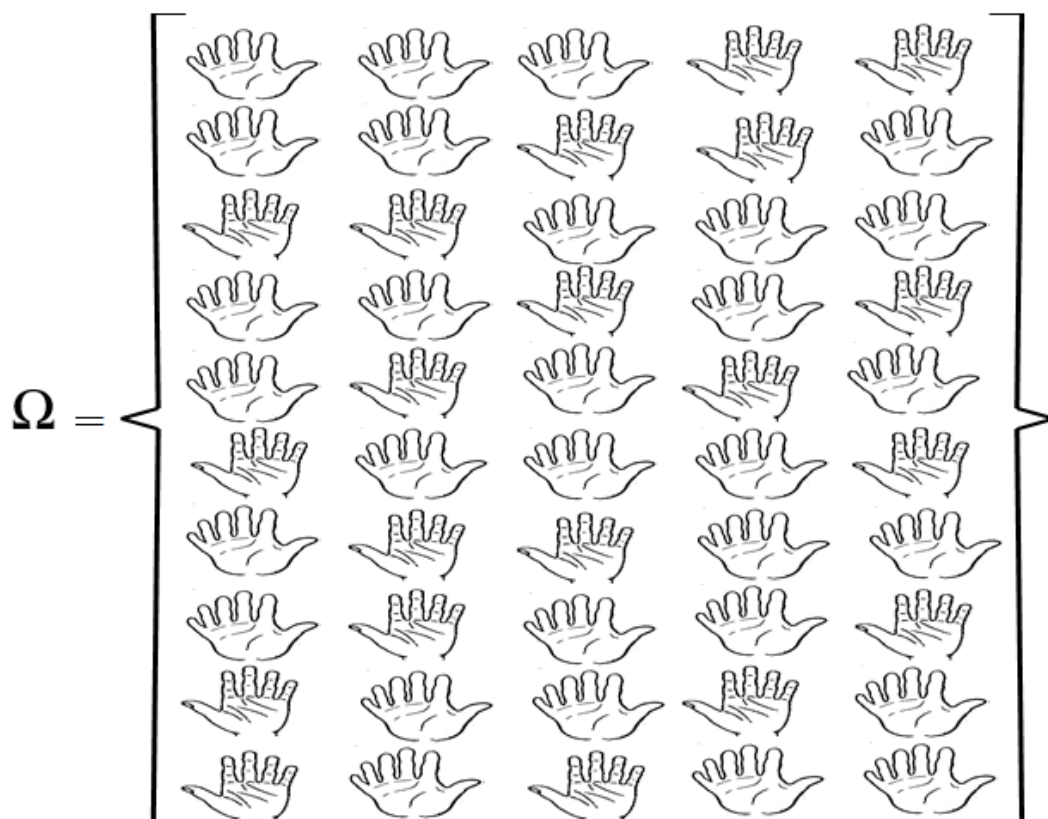


Figura 3. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, mostrando o espaço amostral das possibilidades que um casal heterozigoto tem de constituir uma família com 3 crianças com a polidactilia e 2 com número normal de dedos.

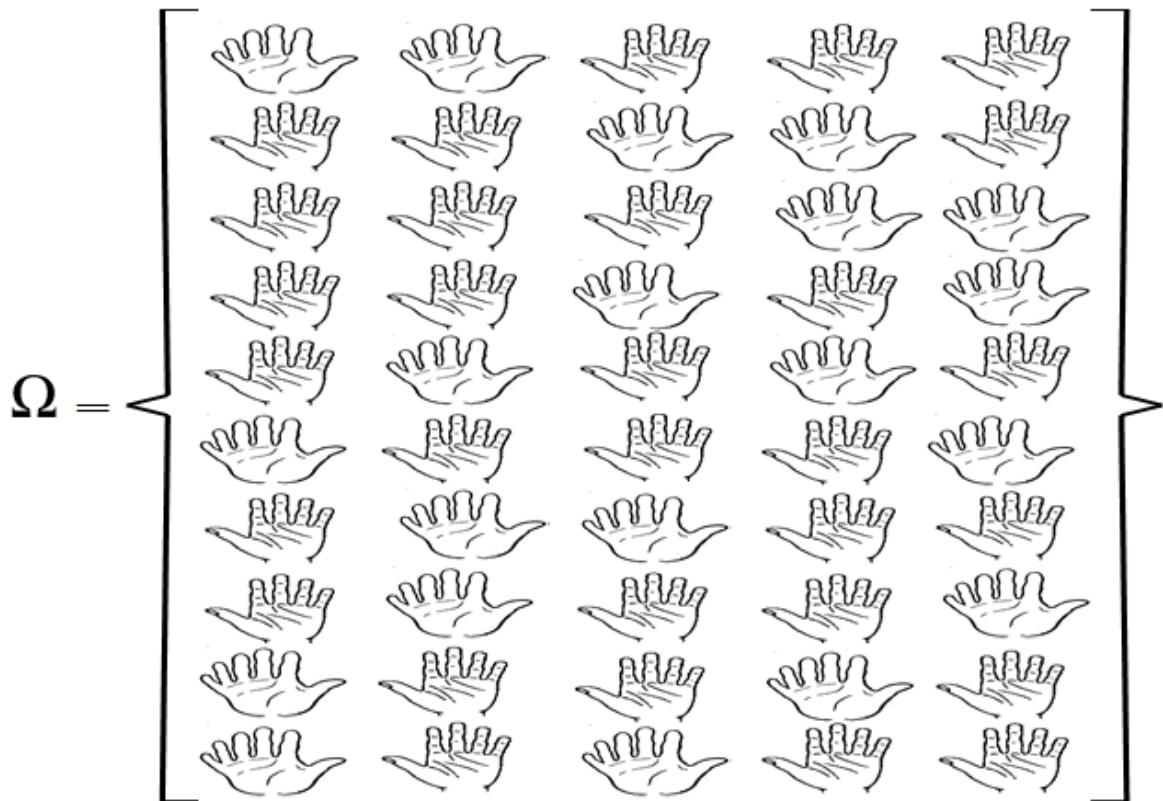


Figura 4. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, mostrando o espaço amostral das possibilidades que um casal heterozigoto tem de constituir uma família com 2 crianças com a polidactília e 3 com número normal de dedos.

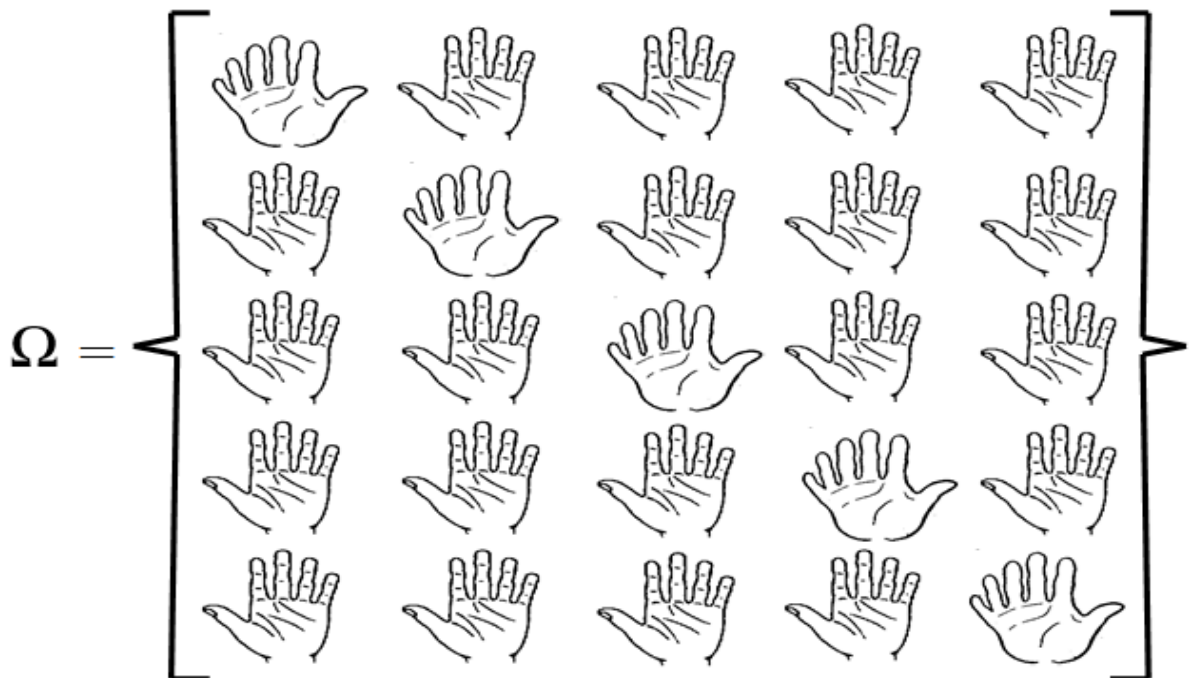


Figura 5. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, mostrando o espaço amostral das possibilidades que um casal heterozigoto tem de constituir uma família com uma criança com a polidactília e 4 com número normal de dedos.

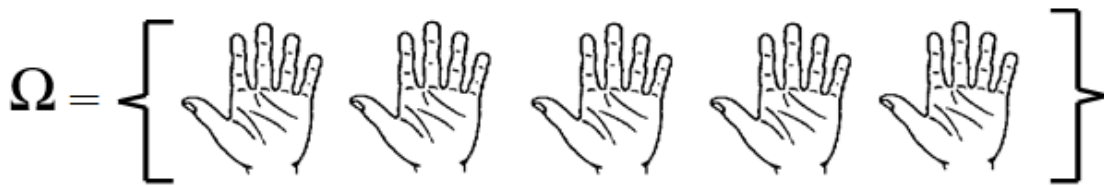


Figura 6. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, mostrando o espaço amostral das possibilidades que um casal heterozigoto tem de constituir uma família com 5 crianças com número normal de dedos.

Estratégia de resolução da situação-problema

Os genes determinam características como a polidactilia que é um termo médico utilizado para descrever uma anomalia causada pela manifestação de um alelo autossômico dominante, que consiste na alteração quantitativa dos dedos nas mãos ou nos pés.

Cada gene em um indivíduo consiste em dois alelos: um vem da mãe e outro do pai. Alguns alelos são **dominantes**, o que significa que, em última análise, determinam a expressão de uma característica. Outros alelos são **recessivos** e têm muito menos probabilidade de serem expressos. Quando um alelo dominante é emparelhado com um alelo recessivo, o alelo dominante determina a característica. Quando essas características ou características são expressas visivelmente, elas são conhecidas como fenótipos. O código genético por trás de uma característica é conhecido como genótipo.

Assim, no caso de Nn (dominante e recessivo), a polidactilia (N) domina e determina o número de dedos nas mãos e pés. Esse material genético, que determina características (o fenótipo), é chamado genótipo. O genótipo é considerado homozigoto quando um indivíduo tem dois alelos dominantes ou dois alelos recessivos. O genótipo é considerado heterozigoto quando um indivíduo tem um alelo dominante e um alelo recessivo.

Desse modo, se ambos os pais contribuírem com o alelo dominante (N), a criança será NN e terá a polidactilia. A criança também terá a polidactilia se herdar o alelo dominante (N) de um dos pais e o alelo recessivo (n) do outro pai. Isso ocorre porque o alelo dominante (N) encobre a manifestação do alelo recessivo (n). Se ambos os pais contribuírem com o alelo recessivo (n), a criança será nn e terá número de dedos normais, mesmo que ambos possam ter a polidactilia.

Com isso, foi possível introduzir de forma prática os conceitos da Primeira Lei de Mendel para os alunos, de acordo com as atividades descritas nas Figuras de números 1 a 6.

Questões para discussão e aprofundamento teórico da prática experimental

As questões selecionadas para avaliar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o tema em estudo foram pesquisadas em livros e adaptadas de modo que aceitassem diferentes respostas, possibilitando a formação de conjecturas por parte dos alunos. O fato de estarem sentados em grupos teve como intenção possibilitar a troca de idéias e o refinamento das conjecturas, ou seja, o teste às hipóteses formuladas.

Cada aluno recebeu previamente o material da aula, podendo utilizar os esquemas e resumos da explicação expostos no quadro.

A análise de dados (Figuras 1 a 6), foi realizada com foco no estudo das chances de ocorrência de um evento através da distribuição binomial sendo necessários alguns conceitos da análise combinatória, tais como fatorial e combinação, como também do desenvolvimento do Binômio de Newton. As questões exploraram a relação entre os conceitos de genótipo e

fenótipo, relativos à descendência, considerando o casal de genótipo heterozigoto portadores da anomalia “polidactilia”, com pretensão de gerar uma família com cinco filhos.

O método binomial é uma técnica utilizada para calcular probabilidades em experimentos que se tratam de uma sequência de tentativas independentes, de modo que a probabilidade de um certo resultado em cada uma dessas tentativas anteriores, quando independe dos resultados das tentativas posteriores. Em cada uma dessas tentativas pode ocorrer apenas dois resultados, os quais são chamados de sucesso ou fracasso.

Nesse contexto, considerando as instruções dadas, aplicou-se um questionário com seis problemas em sequência gradativa de dificuldade que envolviam conceitos de análise combinatória, binômio de Newton e probabilidade.

INSTRUÇÃO para a questão 1. Observe o espaço amostral da Figura 1 e calcule através da função distribuição binomial a probabilidade matemática, para que as 5 crianças sejam geradas com a polidactilia?

INSTRUÇÃO para a questão 2. Observe o espaço amostral da Figura 2 e calcule através da função distribuição binomial a probabilidade matemática, para que sejam geradas quatro crianças com polidactilia e uma com n° de dedos normal?

INSTRUÇÃO para a questão 3. Observe o espaço amostral da Figura 3 e calcule através da função distribuição binomial a probabilidade matemática, para que sejam geradas três crianças com polidactilia e duas com n° de dedos normal?

INSTRUÇÃO para a questão 4. Observe o espaço amostral da Figura 4 e calcule através da função distribuição binomial a probabilidade matemática, para que sejam geradas duas crianças com polidactilia e três com n° de dedos normal?

INSTRUÇÃO para a questão 5. Observe o espaço amostral da Figura 5 e calcule através da função distribuição binomial a probabilidade matemática, para que sejam geradas uma criança com polidactilia e quatro com n° de dedos normal?

INSTRUÇÃO para a questão 6. Observe o espaço amostral da Figura 6 e calcule através da função distribuição binomial a probabilidade matemática, para que as 5 crianças sejam geradas com n° de dedos normal?

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Genética, temos a distribuição dos alelos pelos gametas e as fecundações ocorrendo ao acaso. Isso significa que o fato de um gameta ter representação do alelo dominante N, não faz com que ele tenha maior chance de fecundar outro gameta do que se tivesse a representação do alelo recessivo n. Assim, a teoria das probabilidades pode ser usada para prever possíveis resultados.

A Figura 7, ilustra um diagrama onde foram separados os gametas masculinos do pai e os femininos da mãe e feitas as combinações a fim de observar os possíveis descendentes. Sabemos que o pai é heterozigoto para característica (Nn). Assim, ele forma dois tipos de espermatozoides, N e n. A mulher também é heterozigota, formando óvulos N e n. A fecundação ocorrerá ao acaso, pois não sabemos qual espermatozoide, N ou n será responsável pela concepção ou qual célula feminina será fecundada N ou n. Em cada círculo dos descendentes está representando um possível cruzamento de um óvulo e um espermatozoide.

O genótipo de cada criança é determinado pelo genótipo dos pais. Cada progenitor doa, para o alelo do gene que provoca a polidactilia um cromossomo e, desta forma, pai e mãe transmitem apenas um para seu descendente. Portanto, os genes alelos expressam o genótipo de um indivíduo, ou seja, sua constituição genética para uma determinada característica. Toda característica do indivíduo apresenta, no mínimo, duas variedades, cada uma é determinada por um gene.

Quando um determinado caráter é condicionado por alelos iguais, o indivíduo denomina-se homocigoto. Se os alelos forem diferentes, denomina-se heterocigoto. O alelo dominante é representado por uma letra maiúscula; o recessivo é representado por letra minúscula.

Uma pessoa é dita com a ocorrência da anomalia “polidactilia”, quando nos seus genótipos é encontrado os genes alelos NN e Nn. É normal para o caráter “polidactilia”, quando nos seus genótipos é encontrado apenas os genes alelos nn.

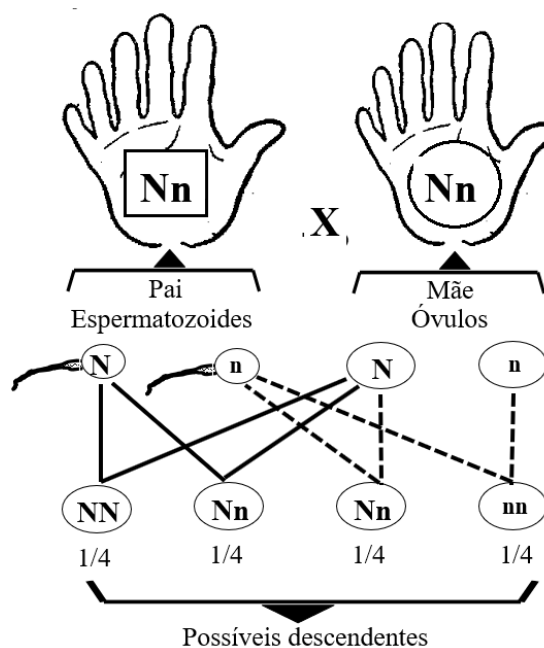


Figura 7. Representação do cruzamento entre um pai e uma mãe heterocigotos (Nn) demonstrando as possibilidades de combinação entre os alelos e a proporção genotípica de 3 indivíduos com genótipo dominante para cada 1 recessivo.

Acompanhando representação (Figura 7), podemos diretamente contar quantos tipos diferentes de genótipos podemos escolher. Assim, identificamos que existem 4 combinações possíveis. Então, a probabilidade de uma criança nascer com polidactilia é de $\frac{3}{4}$, visto que ela pode nascer com os genótipos NN e Nn. Logo, a única forma de se ter uma criança de genótipo nn, é se a mãe contribuir com um gameta n e o pai contribuir com um gameta n. Desse modo, a probabilidade desta combinação ocorrer e a criança nascer com número normal de dedos, é de apenas $\frac{1}{4}$.

Outro método de se chegar ao mesmo resultado foi desenvolvido pelo geneticista inglês Reginald Crundall Punnett em 1917. O quadro de Punnett foi construído desenhando-se uma tabela e colocando-se os gametas produzidos por um genitor ao longo da margem superior e os gametas produzidos pelo outro genitor no lado esquerdo. Cada quadrado dentro da tabela contém um alelo de cada um dos gametas correspondentes, gerando o genótipo da prole produzido pela fusão desses gametas. Desse modo, pela simples contagem, poderemos

determinar os genótipos da prole produzida e suas proporções (AMABIS & MARTHO, 2010; PIERCE, 2012; 2016; GRIFFITHS et al., 2016; ARAÚJO, 2016) como pode ser visualizado na Figura 8.

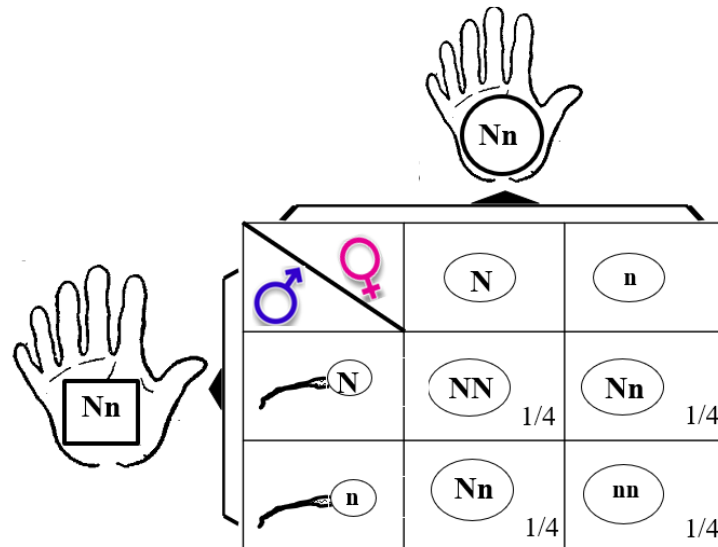


Figura 8. Quadro de Punnett demonstrando as possibilidades de combinação entre os alelos e a proporção genotípica de 3 indivíduos com genótipo dominante para cada 1 recessivo.

Esse procedimento foi necessário para que as questões de 1 a 6, fossem compreendidas. Assim, partindo da análise dos resultados explicados através dos genótipos (Figura 7 e 8), poderemos determinar as chances de possibilidades e calcular as probabilidades fenotípicas para cinco filhos como é desejado pelo casal.

Resolução da Questão 1.

Na Figura 9, há a explicação usando os fenótipos ilustrando o espaço amostral, para saber quais as possíveis possibilidades do casal de heterozigotos para polidactilia gerar 5 crianças com a polidactilia e 0 com número normal de dedos. Verificou-se (Figura 7) que os eventos ocorrem de formas variadas. E nesse caso, existem uma única forma semelhante desse evento acontecer.

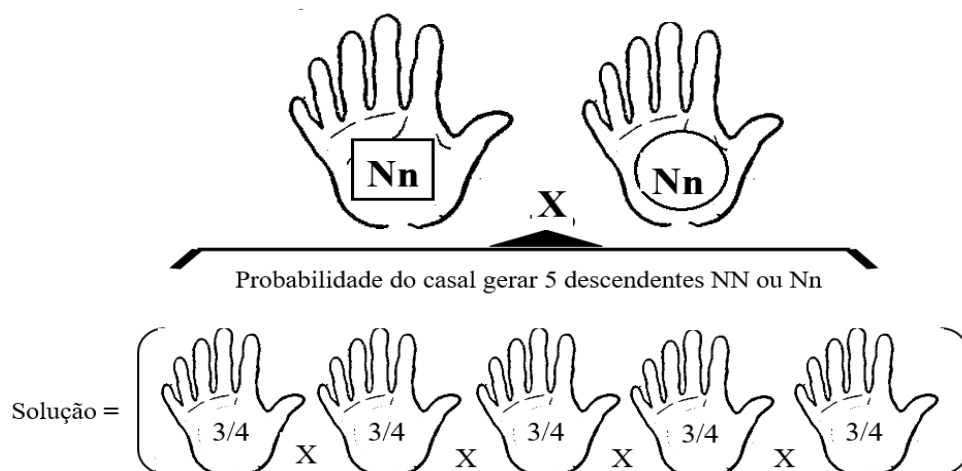


Figura 9. Simulação hipotética ilustrando o espaço amostral das possibilidades, para que sejam geradas uma sequência de 5 crianças com polidactilia de um cruzamento entre indivíduos heterozigotos.

De acordo com o exposto na Figura 9, e designando (p) as probabilidades dos fenótipos para ocorrência de nascimento de 5 crianças com a anomalia “polidactilia” e (q) para 0 crianças com número normal de dedos, têm-se apenas uma possibilidade de resultado que pode ser obtido no espaço amostral do conjunto Ω , por meio de uma combinação e um arranjo, respectivamente:

$$\Omega = \{(p.p.p.p.p)\}.$$

Dessa forma, o evento desejável (nascimento de 5 crianças com a polidactilia e 0 com número normal de dedos), representa apenas uma possibilidade de escolha.

Designando as probabilidades dos fenótipos de ocorrência da anomalia “polidactilia” e número normal de dedos por, respectivamente, p e q. Assim como mostrado na Figura 7, as possibilidades das probabilidades observadas de crianças a serem geradas com polidactilia será de $(3/4)^5$ e de crianças com número de dedos normal $(1/4)^0$.

Desse modo, considerando a probabilidade de que o evento mencionado ocorra, temos apenas uma maneira de escolher uma sequência de 5 crianças com a polidactilia e 0 com número normal de dedos de um total de 5 em cruzamento entre indivíduos heterozigotos. A única possibilidade com resultado será a seguinte:

$$\text{Única possibilidade} = (p.p.p.p.p) = p^5q^0 = (3/4)^5 = 243/1024 = 0,2373 = 23,73\%$$

Então, como eu quero saber a possibilidade de um único acontecimento, a probabilidade foi calculada pela multiplicação das probabilidades de cada um dos **pontos amostrais** independentemente.

$$\Omega = \{(23,73\%)\} = 23,73\%$$

Outro jeito de se chegar ao mesmo resultado é pelo método binomial, que é muito utilizado em situações nas quais ocorre uma sequência de resultados independentes. Se quisermos saber a probabilidade de obtermos o nascimento de 5 crianças com a polidactilia e 0 com número normal de dedos normal, o cálculo dessa probabilidade seria iniciado com o desenvolvimento de $(p + q)^5$, onde p é a probabilidade de obtermos crianças com a polidactilia em qualquer nascimento, q é a a é a probabilidade de obtermos crianças com o número de dedos normais e, pelo fato de serem desejadas 5 crianças, fazemos o desenvolvimento do binômio com expoente 5.

Assim, conforme ilustrado na Figura 9, temos 1 possibilidades com termo p^5q^0 , ou seja, como é uma maneira semelhante de escolher o evento desejável, podemos encontrar a resposta da pergunta através da resolução do termo $1p^5q^0$ do binômio, pois p corresponde à probabilidade de nascer uma criança com polidactilia $(3/4)^5$ e q à probabilidade de nascer uma criança com número normal de dedos $(1/4)^0$, os expoentes de p e q, significam o evento desejado pelo casal de nascimento de 5 crianças com a polidactilia e 0 com número normal de dedos. Assim, para se obter o cálculo dessa possibilidade temos:

$$1p^5q^0 = 1 \times (3/4)^5 \times (1/4)^0 = 1 \times 243/1024 \times 1 = 243/1024 = 0,2373 = 23,73\%$$

Generalizando, podemos dizer que, segundo as probabilidades matemáticas, existe uma chance de 243/1024 ou de 23,73% dessa combinação acontecer.

Resolução da Questão 2.

A Figura 10, ilustra o espaço amostral, para saber quais as possíveis possibilidades do casal de heterozigotos para polidactilia gerar 4 crianças com a polidactilia e uma com número normal de dedos. Verificou-se que os eventos ocorrem de formas variadas. E nesse caso, existem 5 formas distintas desse evento acontecer.

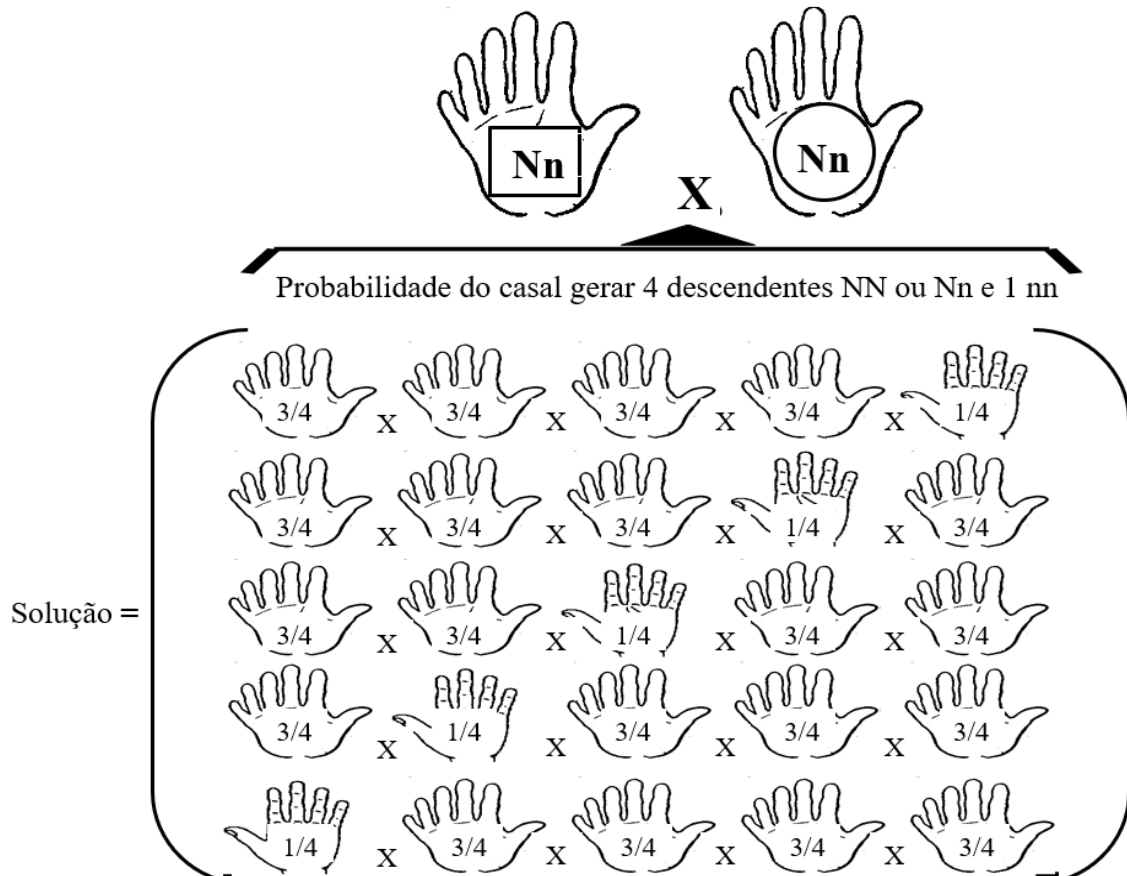


Figura 10. Simulação hipotética ilustrando o espaço amostral das possibilidades, para que sejam geradas uma sequência de 4 crianças com a polidactilia e uma com número normal de dedos em um cruzamento entre indivíduos heterozigotos.

A partir da análise da Figura 10, e designando (p) as probabilidades dos fenótipos para ocorrência de nascimento de crianças com a anomalia “polidactilia” e (q) para crianças com número normal de dedos. E sendo o evento desejado pelo casal o nascimento de 5 crianças com a polidactilia e 1 com número normal de dedos, têm-se 5 possibilidades de resultados que podem ser obtidos no espaço amostral do conjunto Ω . Eles são expressos por meio de 5 combinações e 5 arranjos, respectivamente:

$$\Omega = \{(ppppq), (ppppq), (ppqpp), (pqppp), (qpppp)\}.$$

Dessa forma, o evento desejável (nascimento de 4 crianças com a polidactilia e 1 com número normal de dedos), representam 5 possibilidades de escolha.

Designando as probabilidades dos fenótipos de ocorrência da anomalia “polidactilia” e número normal de dedos por, respectivamente, p e q. Assim como mostrado na Figura 7, as

possibilidades das probabilidades observadas de crianças a serem geradas com polidactilia será de $(3/4)^4$ e de crianças com número de dedos normal $(1/4)^1$.

Desse modo, considerando a probabilidade de que o evento mencionado ocorra, temos 5 maneiras de escolher uma sequência de 4 crianças com a polidactilia e 1 com número normal de dedos de um total de 5 em cruzamento entre indivíduos heterozigotos. Lembrando que os elementos de um espaço amostral são pontos amostrais, ou seja, resultados possíveis de um experimento aleatório. Portanto, quando se especifica a ordem, a probabilidade é 5 vezes maior que quando a ordem não é especificada. Isto porque tem-se 4 modos de nascerem 4 crianças com polidactilia e 1 com número normal de dedos.

Desse modo, as possibilidades com resultados serão as seguintes:

$$1^{\text{a}} \text{ possibilidade} = p.p.p.p.q = p^4q^1 = (3/4)^4 \times (1/4)^1 = 81/1024 = 0,0791 = 7,91\%$$

$$2^{\text{a}} \text{ possibilidade} = p.p.p.q.p = p^4q^1 = (3/4)^4 \times (1/4)^1 = 81/1024 = 0,0791 = 7,91\%$$

$$3^{\text{a}} \text{ possibilidade} = p.p.q.p.p = p^4q^1 = (3/4)^4 \times (1/4)^1 = 81/1024 = 0,0791 = 7,91\%$$

$$4^{\text{a}} \text{ possibilidade} = p.q.p.p.p = p^4q^1 = (3/4)^4 \times (1/4)^1 = 81/1024 = 0,0791 = 7,91\%$$

$$5^{\text{a}} \text{ possibilidade} = q.p.p.p.p = p^4q^1 = (3/4)^4 \times (1/4)^1 = 81/1024 = 0,0791 = 7,91\%$$

Neste caso, a ordem desses elementos dentro do grupo não interfere. Isso significa que trocar a posição dos elementos nos dá os mesmos resultados. Então, como eu quero saber a possibilidade de um acontecimento ou de outro, a probabilidade será calculada pela soma dos 5 acontecimentos independentemente.

$$\Omega = \{(7,91\% + 7,91\% + 7,91\% + 7,91\% + 7,91\%)\} = 39,55\%$$

Outro jeito de se chegar ao mesmo resultado é pelo método binomial, que é muito utilizado em situações nas quais ocorre o produto de probabilidades. Se quisermos saber a probabilidade de obtermos o nascimento de 4 crianças com a polidactilia e 1 com número normal de dedos normal, o cálculo dessa probabilidade seria iniciado com o desenvolvimento de $(p + q)^5$, onde p é a probabilidade de obtermos crianças com a polidactilia em qualquer nascimento, q é a (é a) probabilidade de obtermos crianças com o número de dedos normais e, pelo fato de serem desejadas 5 crianças, fazemos o desenvolvimento do binômio com expoente 5. Desse modo teríamos:

$$(p + q)^5 = 1p^5q^0 + 5p^4q^1 + 10p^3q^2 + 10p^2q^3 + 5p^1q^4 + 1p^0q^5$$

Assim, conforme ilustrado na Figura 10, temos 5 possibilidades com termo p^4q^1 , ou seja, como são 5 maneiras diferentes de escolher o evento desejável, podemos encontrar a resposta da pergunta através da resolução do termo $5p^4q^1$ do binômio, pois p corresponde à probabilidade de nascer 4 crianças com polidactilia $(3/4)^4$ e q à probabilidade de nascer uma criança com número normal de dedos $(1/4)^1$, os expoentes de p e q, significam o evento desejado pelo casal de nascimento de 1 criança com a polidactilia e 4 com número normal de dedos. Assim, para se obter o cálculo dessa possibilidade temos:

$$5p^4q^1 = 5 \times (3/4)^4 \times (1/4)^1 = 5 \times 81/256 \times 1/4 = 405/1024 = 0,3955 = 39,55\%$$

Generalizando, podemos dizer que, segundo as probabilidades matemáticas, existe uma chance de 405/1024 ou de 39,55% dessa combinação acontecer.

Resolução da Questão 3.

A Figura 11, ilustra o espaço amostral, para saber quais as possíveis possibilidades do casal de heterozigotos para polidactilia gerar 3 crianças com fenótipos de polidactilia e 2 crianças com número normal de dedos. Na Figura 7, observou-se que os eventos ocorrem de formas variadas. E nesse caso (Figura 11), existem 10 formas distintas desse evento acontecer.

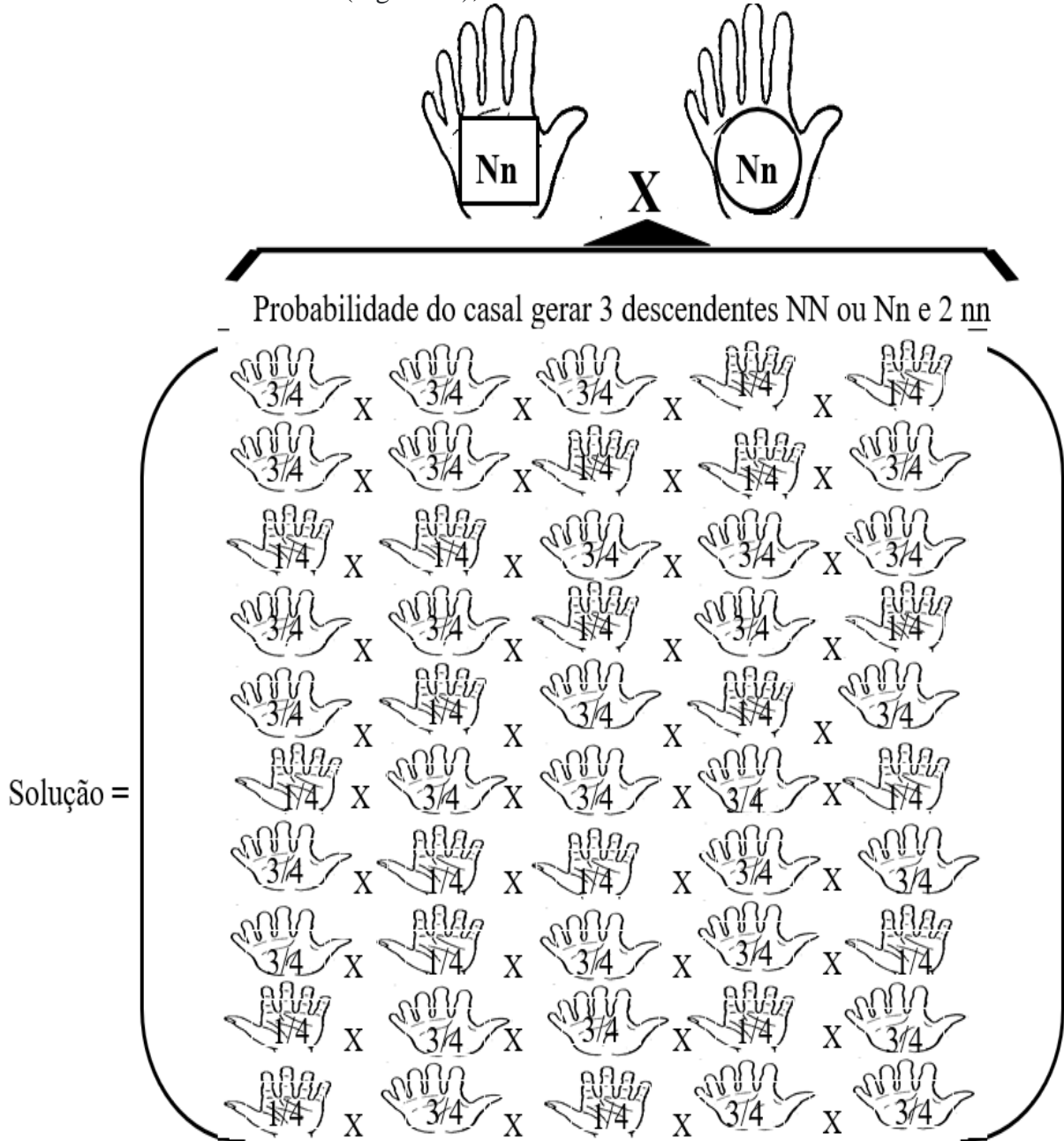


Figura 11. Simulação hipotética ilustrando o espaço amostral das possibilidades, para que sejam geradas uma sequência de 3 crianças com a polidactilia e 2 com número normal de dedos em um cruzamento entre indivíduos heterozigotos.

De acordo com o exposto na Figura 11, e designando (p) as probabilidades dos fenótipos para ocorrência de nascimento de crianças com a anomalia “polidactilia” e (q) para crianças com número normal de dedos. E sendo o evento desejado pelo casal o nascimento de 3 crianças com a polidactilia e 2 com número normal de dedos, têm-se 10 possibilidades de resultados que

podem ser obtidos no espaço amostral do conjunto Ω . Eles são expressos por meio de 10 combinações e 10 arranjos, respectivamente:

$$\Omega = \{(pppqq), (ppqqp), (qqppp), (ppqpq), (pqpqp), (qpppq), (pqppp), (pqpqq), (qppqp), (qpqqp)\}.$$

Dessa forma, o evento desejável (nascimento de 3 crianças com a polidactilia e 2 com número normal de dedos), representam 10 possibilidades de escolha.

Assim como mostrado na Figura 7 e 8, as possibilidades das probabilidades observadas de crianças a serem geradas com polidactilia será de $(3/4)^3$ e de crianças com número de dedos normal $(1/4)^2$.

Desse modo, considerando a probabilidade de que o evento mencionado ocorra, temos 10 maneiras de escolher uma sequência de 3 crianças com a polidactilia e 2 com número normal de dedos de um total de 5 em cruzamento entre indivíduos heterozigotos. Lembrando que os elementos de um espaço amostral são pontos amostrais, ou seja, resultados possíveis de um experimento aleatório. Portanto, quando se especifica a ordem, a probabilidade é 10 vezes maior que quando a ordem não é especificada. Isto porque tem-se 3 modos de nascerem 3 crianças com polidactilia e 2 com número normal de dedos.

Desse modo, as possibilidades com resultados serão as seguintes:

$$\begin{aligned} 1^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pppqq) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 2^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (ppqqp) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 3^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qqppp) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 4^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (ppqpq) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 5^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqpqp) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 6^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qpppq) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 7^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqppp) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 8^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqpqq) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 9^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qppqp) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \\ 10^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qpqqp) = p^3q^2 = (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 27/1024 = 0,0264 = 2,64\% \end{aligned}$$

Neste caso, a ordem desses elementos dentro do grupo não interfere. Isso significa que trocar a posição dos elementos nos dá os mesmos resultados. Então, como eu quero saber a possibilidade de um acontecimento ou de outro, a probabilidade será calculada pela soma das 10 possibilidades de acontecimentos, independentemente.

$$\Omega = \{(2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\% + 2,64\%)\} = 26,4\%$$

Outro jeito de se chegar ao mesmo resultado é pelo método binomial, que é muito utilizado em situações nas quais ocorre o produto de probabilidades.

Assim, conforme ilustrado na Figura 11, temos 10 possibilidades com termo p^3q^2 , ou seja, como são 10 maneiras diferentes de escolher o evento desejável, podemos encontrar a resposta da pergunta através da resolução do termo $10p^3q^2$ do binômio, pois p corresponde à probabilidade de nascer 3 crianças com polidactilia $(3/4)^3$ e q à probabilidade de nascer duas crianças com número normal de dedos $(1/4)^2$, os expoentes de p e q, significam o evento

desejado pelo casal de nascimento de 3 crianças com a polidactilia e 2 com número normal de dedos. Assim, para se obter o cálculo dessa possibilidade temos:

$$10p^3q^2 = 10 \times (3/4)^3 \times (1/4)^2 = 10 \times 27/64 \times 1/16 = 270/1024 = 0,264 = 26,4\%$$

Generalizando, podemos dizer que, segundo as probabilidades matemáticas, existe uma chance de 270/1024 ou de 26,4% dessa combinação acontecer.

Resolução da Questão 4.

Na Figura 12, é ilustrado o espaço amostral com a probabilidade de ocorrência do casal de heterozigotos para polidactilia gerarem 2 crianças com fenótipos de polidactilia e 3 crianças com número normal de dedos. E nesse caso, existem 10 formas distintas desse evento acontecer.

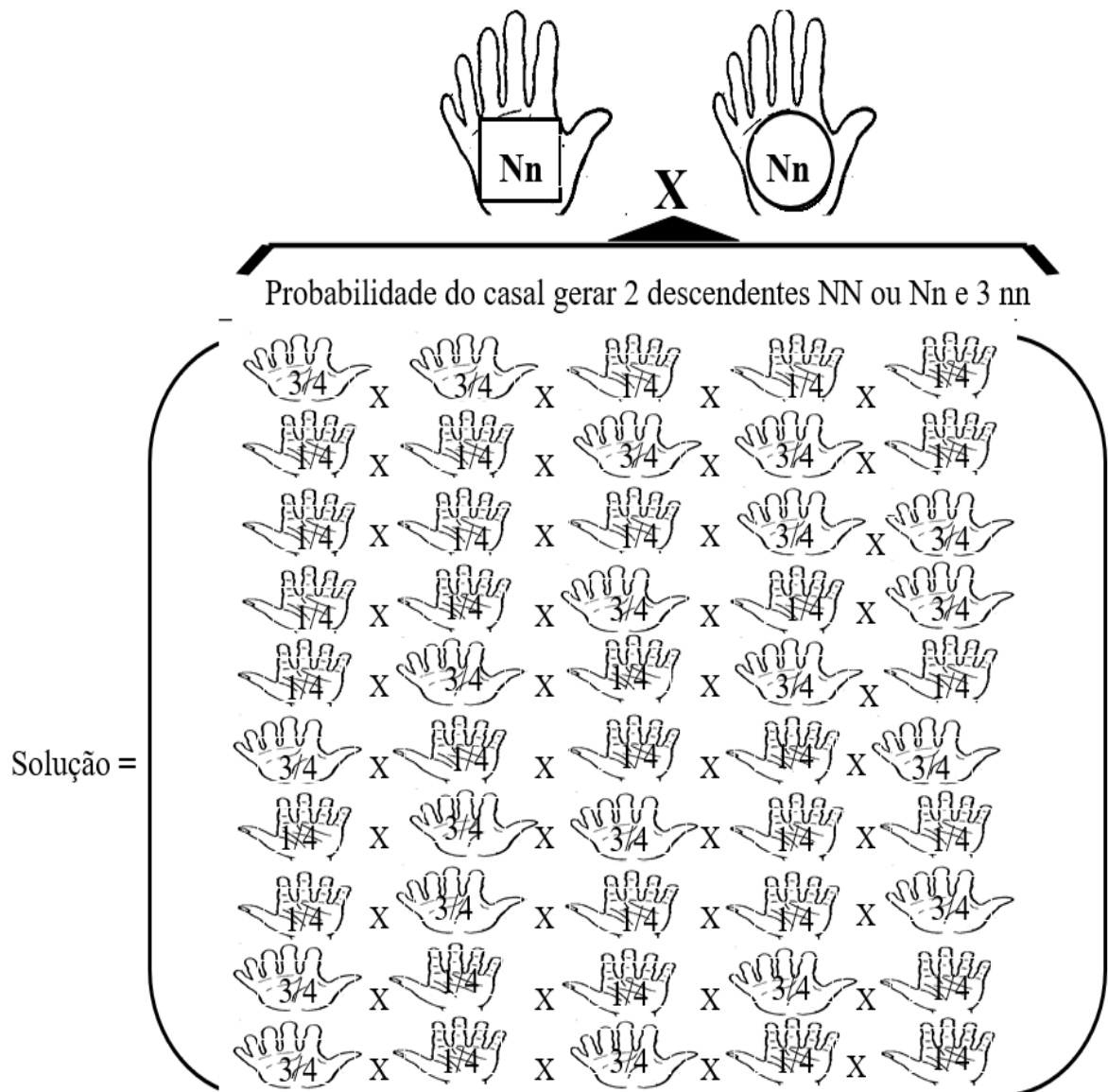


Figura 12. Simulação hipotética ilustrando o espaço amostral das possibilidades, para que sejam geradas uma sequência de 2 crianças com a polidactilia e 3 com número normal de dedos em um cruzamento entre indivíduos heterozigotos.

A partir da análise da Figura 12, e designando (p) as probabilidades dos fenótipos para ocorrência de nascimento de crianças com a anomalia “polidactilia” e (q) para crianças com número normal de dedos. E sendo o evento desejado pelo casal o nascimento de 2 crianças com a polidactilia e 3 com número normal de dedos, têm-se 10 possibilidades de resultados que podem ser obtidos no espaço amostral do conjunto Ω . Eles são expressos da seguinte forma:

$$\Omega = \{(ppqqq), (qpppq), (qqqpp), (qqppq), (qpqqp), (pqqqp), (qppqq), (qpqqp), (pqqqp), (pqpqq)\}.$$

Dessa forma, o evento desejável (nascimento de 2 crianças com a polidactilia e 3 com número normal de dedos), representam 10 possibilidades de escolha.

Designando as probabilidades dos fenótipos de ocorrência da anomalia “polidactilia” e número normal de dedos por, respectivamente, p e q. Assim como mostrado na Figura 7 e 8, as possibilidades da probabilidade observadas de crianças a serem geradas com polidactilia será de $(3/4)^2$ e de crianças com número de dedos normal $(1/4)^3$.

Desse modo, considerando a probabilidade de que o evento mencionado ocorra, temos 10 maneiras de escolher uma sequência de 2 crianças com a polidactilia e 3 com número normal de dedos de um total de 5 em cruzamento entre indivíduos heterozigotos. As possibilidades com resultados serão as seguintes:

$$\begin{aligned} 1^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (ppqqq) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 2^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qpppq) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 3^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qqqpp) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 4^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qqppq) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 5^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qpqqp) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 6^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqqqp) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 7^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qppqq) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 8^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qpqqp) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 9^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqqqp) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \\ 10^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqpqq) = p^2q^3 = (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 9/1024 = 0,0087 = 0,87\% \end{aligned}$$

Então, como eu quero saber a possibilidade de um acontecimento ou de outro, a probabilidade será calculada pela soma dos 10 acontecimentos independentemente.

$$\Omega = \{(0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\% + 0,87\%)\} = 8,7\%$$

Outro jeito de se chegar ao mesmo resultado é pelo método binomial, que é muito utilizado em situações nas quais ocorre o produto de probabilidades.

Assim, conforme ilustrado na Figura 12, temos 10 possibilidades com termo p^2q^3 , ou seja, como são 10 maneiras diferentes de escolher o evento desejável, podemos encontrar a resposta da pergunta através da resolução do termo $10p^2q^3$ do binômio, pois p corresponde à probabilidade de nascer uma criança com polidactilia $(3/4)^2$ e q à probabilidade de nascer uma criança com número normal de dedos $(1/4)^3$, os expoentes de p e q, significam o evento desejado pelo casal de nascimento de 2 crianças com a polidactilia e 3 com número normal de dedos. Assim, para se obter o cálculo dessa possibilidade temos:

$$10p^2q^3 = 10 \times (3/4)^2 \times (1/4)^3 = 10 \times 9/16 \times 1/64 = 90/1024 = 0,087 = 8,7\%$$

Portanto, segundo as probabilidades matemáticas, existe uma chance de 90/1024 ou de 8,7% dessa combinação acontecer.

Resolução da Questão 5.

Na Figura 13, há a explicação usando os fenótipos ilustrando o espaço amostral, para saber quais as possíveis possibilidades do casal de heterozigotos para polidactilia gerar 1 criança com a polidactilia e 4 com número normal de dedos. Verificou-se que os eventos ocorrem de formas variadas. E nesse caso, existem 5 formas distintas desse evento acontecer.

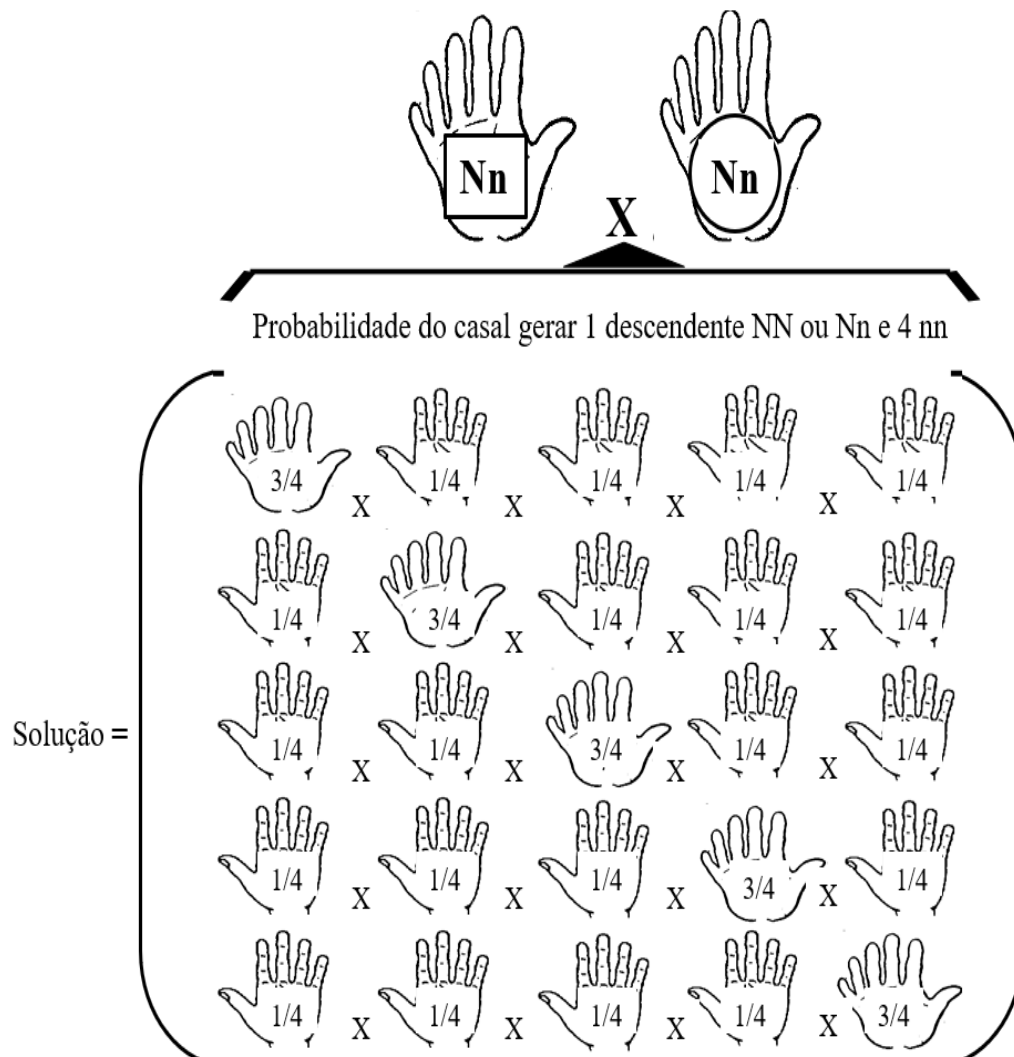


Figura 13. Simulação hipotética ilustrando o espaço amostral das possibilidades, para que sejam geradas uma sequência de 1 crianças com a polidactilia e 4 com número normal de dedos em um cruzamento entre indivíduos heterozigotos.

A partir da análise da Figura 13, e designando (p) as probabilidades dos fenótipos para ocorrência de nascimento de crianças com a anomalia “polidactilia” e (q) para crianças com número normal de dedos. E sendo o evento desejado pelo casal o nascimento de 1 criança com

a polidactilia e 4 com número normal de dedos, têm-se 5 possibilidades de resultados que podem ser obtidos no espaço amostral do conjunto Ω . Eles são expressos da seguinte forma:

$$\Omega = \{(pqqqq), (qpqqq), (qppqq), (qqppq), (qqqqp)\}.$$

Dessa forma, o evento desejável (nascimento de 1 crianças com a polidactilia e 4 com número normal de dedos), representam 5 possibilidades de escolha.

Designando as probabilidades dos fenótipos de ocorrência da anomalia “polidactilia” e número normal de dedos por, respectivamente, p e q. Assim como mostrado na Figura 7 e 8, as possibilidades das probabilidades observadas de crianças a serem geradas com polidactilia será de $(3/4)^1$ e de crianças com número de dedos normal $(1/4)^4$.

Desse modo, considerando a probabilidade de que o evento mencionado ocorra, temos 5 maneiras de escolher uma sequência de 1 criança com a polidactilia e 4 com número normal de dedos de um total de 5 em cruzamento entre indivíduos heterozigotos. As possibilidades com resultados serão as seguintes:

$$\begin{aligned} 1^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (pqqqq) = p^1q^4 = (3/4)^1 \times (1/4)^4 = 3/1024 = 0,0030 = 0,30\% \\ 2^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qpqqq) = p^1q^4 = (3/4)^1 \times (1/4)^4 = 3/1024 = 0,0030 = 0,30\% \\ 3^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qppqq) = p^1q^4 = (3/4)^1 \times (1/4)^4 = 3/1024 = 0,0030 = 0,30\% \\ 4^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qqppq) = p^1q^4 = (3/4)^1 \times (1/4)^4 = 3/1024 = 0,0030 = 0,30\% \\ 5^{\text{a}} \text{ possibilidade} &= (qqqqp) = p^1q^4 = (3/4)^1 \times (1/4)^4 = 3/1024 = 0,0030 = 0,30\% \end{aligned}$$

Então, como eu quero saber a possibilidade de um acontecimento ou de outro, a probabilidade será calculada pela soma dos 5 acontecimentos independentemente.

$$\Omega = \{(0,30\% + 0,30\% + 0,30\% + 0,30\% + 0,30\%)\} = 1,5\%$$

Outro jeito de se chegar ao mesmo resultado é pelo método binomial, que é muito utilizado em situações nas quais ocorre o produto de probabilidades.

Assim, conforme ilustrado na Figura 13, temos 5 possibilidades com termo p^1q^4 , ou seja, como são 5 maneiras diferentes de escolher o evento desejável, podemos encontrar a resposta da pergunta através da resolução do termo $5p^1q^4$ do binômio, pois p corresponde à probabilidade de nascer uma criança com polidactilia $(3/4)^1$ e q à probabilidade de nascer 4 crianças com número normal de dedos $(1/4)^4$, os expoentes de p e q, significam o evento desejado pelo casal de nascimento de 1 criança com a polidactilia e 4 com número normal de dedos. Assim, para se obter o cálculo dessa possibilidade temos:

$$5p^1q^4 = 5 \times (3/4)^1 \times (1/4)^4 = 5 \times 3/4 \times 1/64 = 15/1024 = 0,015 = 1,5\%$$

Generalizando, podemos dizer que, segundo as probabilidades matemáticas, existe uma chance de 3/1024 ou de 2,9% dessa combinação acontecer.

Resolução da Questão 6.

Na Figura 14, há a explicação usando os fenótipos ilustrando o espaço amostral, para saber quais as possíveis possibilidades do casal de heterozigotos para polidactilia gerar 0 crianças com a polidactilia e 5 com número normal de dedos. Verificou-se que os eventos ocorrem de formas variadas. E nesse caso, existem uma forma semelhante desse evento acontecer.

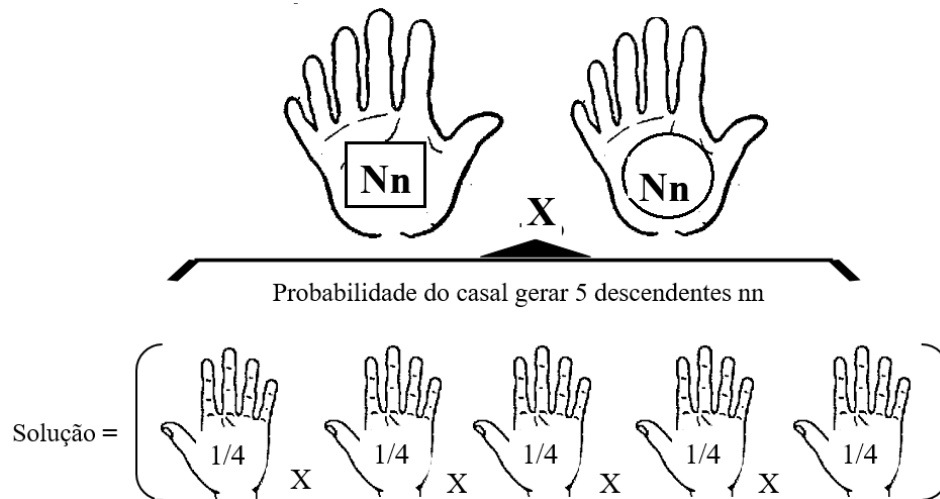


Figura 14. Simulação hipotética ilustrando o espaço amostral das possibilidades, para que sejam geradas uma sequência de 0 crianças com a polidactilia e 5 com número normal de dedos em um cruzamento entre indivíduos heterozigotos.

A partir da análise da Figura 14, e designando (p) as probabilidades dos fenótipos para ocorrência de nascimento de crianças com a anomalia “polidactilia” e (q) para crianças com número normal de dedos. E sendo o evento desejado pelo casal o nascimento de 0 criança com a polidactilia e 5 com número normal de dedos, têm-se apenas uma possibilidade de resultado que pode ser obtido no espaço amostral do conjunto Ω . Eles são expressos da seguinte forma:

$$\Omega = \{(qqqqq)\}.$$

Dessa forma, o evento desejável (nascimento de 0 crianças com a polidactilia e 5 com número normal de dedos), representa apenas uma possibilidade de escolha.

Designando as probabilidades dos fenótipos de ocorrência da anomalia “polidactilia” e número normal de dedos por, respectivamente, p e q. Assim como mostrado na Figura 7 ou 8, as possibilidades das probabilidades observadas de crianças a serem geradas com polidactilia será de $(3/4)^0$ e de crianças com número de dedos normal $(1/4)^5$.

Desse modo, considerando a probabilidade de que o evento mencionado ocorra, temos apenas uma maneira de escolher uma sequência de 0 criança com a polidactilia e 5 com número normal de dedos de um total de 5 em cruzamento entre indivíduos heterozigotos. A única possibilidade com resultado será a seguinte:

$$\text{Possibilidade} = (qqqqq) = p^0q^5 = (3/4)^0 \times (1/4)^5 = 1/1024 = 0,0010 = 0,10\%$$

Então, como eu quero saber a possibilidade de um único acontecimento, a probabilidade foi calculada pela multiplicação das probabilidades de cada um dos **pontos amostrais** independentemente.

$$\Omega = \{(0,10\%)\} = 0,10\%$$

Outro jeito de se chegar ao mesmo resultado é pelo método binomial, que é muito utilizado em situações nas quais ocorre o produto de probabilidades.

Assim, conforme ilustrado na Figura 14, temos 1 possibilidades com termo p^0q^5 , ou seja, como é uma maneira semelhante de escolher o evento desejável, podemos encontrar a resposta da pergunta através da resolução do termo $1p^0q^5$ do binômio, pois p corresponde à probabilidade de nascer uma criança com polidactilia $(3/4)^0$ e q à probabilidade de nascer uma criança com número normal de dedos $(1/4)^5$, os expoentes de p e q , significam o evento desejado pelo casal de nascimento de 0 crianças com a polidactilia e 5 com número normal de dedos. Assim, para se obter o cálculo dessa possibilidade temos:

$$1p^0q^5 = 1 \times (3/4)^0 \times (1/4)^5 = 1 \times 1 \times 1/64 = 1/1024 = 0,0010 = 0,10\%$$

Generalizando, podemos dizer que, segundo as probabilidades matemáticas, existe uma chance de 1/1024 ou de 0,10% dessa combinação acontecer.

Na realização dessa atividade, foi possível confirmar a importância da utilização do modelo didático como complemento da aula teórica. Isso foi possível de ser observado, tanto pelas respostas obtidas em relação à construção das Figuras 7 a 14, as quais foram positivas para a maioria dos participantes, quanto pelas atitudes dos licenciandos em biologia no período em que a atividade foi desenvolvida. No momento da dinâmica percebeu-se o interesse dos licenciandos, pois todos prestaram atenção às orientações sobre a montagem do modelo didático. Foi possível observar o envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem com uma nítida melhora na capacidade de tomar decisões em grupo e qualificando a interação dos mesmos, ficando evidente nos resultados obtidos, que o uso desse modelo didático que os estudantes perceberam a presença da probabilidade nas situações de incerteza e sua importância nas tomadas de decisão, além de participarem de forma efetiva nas aulas, questionando, interagindo e indagando sobre a matemática em diversas situações do cotidiano.

O resultado exposto (Figuras 7 a 14) e as respostas obtidas e relatadas nas questões de 1 a 6, sugerem que a utilização do modelo didático como atividade (Figuras 1 a 6) possibilitou maior interação entre o conhecimento do professor e dos estudantes. E ainda ao unir o conhecimento científico ao modelo didático (Figuras 1 a 6), pode-se verificar que, a aula se tornou mais atraente, com mais participação dos estudantes e maior capacidade de prender a atenção.

A relação entre a coerência nas respostas e o desafio da atividade promoveu aprendizagem efetiva, na medida em que se fez necessário entender os conceitos apresentados para definir assertivas adequadas. Além disso, ao terem a oportunidade de discutir no grupo, os estudantes precisaram definir uma linha de raciocínio para interpretar a situação desafio. Assim, a atividade promoveu envolvimento dos estudantes e o contato com os conceitos básicos de genética de modo diferente de uma abordagem tradicional em quem as definições conceituais seriam apresentadas de forma expositiva e por simples demonstração.

Observou-se com este modelo de trabalho, uma visualização mais clara por parte dos estudantes do cálculo teórico da probabilidade de ocorrência de um determinado evento por meio de algo relacionado à vida real, neste caso, por meio da explicação usando os fenótipos ilustrando o espaço amostral, para saber quais as possíveis possibilidades do casal de heterozigotos para polidactilia gerar crianças com a polidactilia e com número normal de dedos. Assim, a aplicação do cálculo de probabilidade nos modelos didáticos (Figuras 1 a 6), tornou a atividade mais motivadora.

De acordo com Masseto (2007) novas técnicas desenvolvem a curiosidade dos alunos e os instigam a buscarem, por iniciativa própria, as informações de que precisam para resolver problemas ou explicar fenômenos que fazem parte de sua vida profissional.

Segundo os autores Cavalcante & Silva (2008); Catarinacho (2011); Sousa; Spósito; Marisco (2013); Viveiro & Campos (2014); Mascarenhas et al. (2016); Barros; Ribeiro; Silva (2017); Medeiros et al. (2021) a aplicação de recursos didáticos, permite que o aluno seja inserido de forma efetiva no processo de aprendizagem, promovendo um raciocínio sistemático a respeito dos fenômenos e fatos científicos.

Desta forma, diversos autores Allison (1995); Justina & Ferla (2006); JESUS (2008); Matos et al. (2009); Zompero & Laburú (2010); Mendonça & Santos (2011); Medeiros & Rodrigues (2012); Duso (2012); Della & Ferla (2013); Valadares et al. (2014); Klauberg (2015); Meira et al. (2015); Medeiros et al. (2022) apontaram a contribuição dos modelos didáticos na facilitação do aprendizado e que esse tipo de metodologia pode ser capaz de unir teoria e prática, fazendo da aula um momento não só de aprendizagem, mas também (sai como) de interação, participação e criatividade. É necessária a utilização de ferramentas metodológicas que propiciem um ensino mais adequado e que seja capaz de causar satisfação e chamar a atenção dos alunos para uma participação ativa na construção do saber (GROENWALD, SILVA e MORA (2004); TEMP (2011); GONZAGA et al., 20112; AMORIM, 2013; WEINGARTNER, 2014, MEDEIROS et al., 2021; 2022).

Os autores Mendoza & Swift (1981); Ringo (2005); Shaughnessy (2007); Silva et al. (2008); Devore (2013), destacaram a importância do ensino de probabilidade e estatística para ajudar nas tomadas de decisões inerentes às situações da vida social e econômica, ao desenvolver as capacidades de análises, comparações, sondagens e escolhas amostrais. E Segundo Casagrande (2006) o objetivo do ensino de genética humana seria, capacitar o estudante a usar a informação genética e o conhecimento das leis de probabilidade para estabelecer julgamento sobre os riscos em relação à prole, divulgar a importância do aconselhamento genético como um auxílio para a tomada de decisões pessoais em relação a diferentes situações, como por exemplo o planejamento familiar ou a aceitação e convivência com familiares afetados por uma doença genética.

Assim, a impressão que tivemos é que os licenciandos em biologia ficaram muito entusiasmados com os resultados obtidos, pois não sabiam que era possível, antes da realização da aula, relacionar o conceito de probabilidade da distribuição binomial com o modelo didático. Portanto, modelos didáticos desse tipo, podem ser usados para estimular o ensino de genética por meio da pesquisa para os professores de biologia, visando uma ação transformadora que suplante as aulas tradicionais inspiradas em livros que apresentem o conhecimento como algo estático e imutável.

A utilização das Figuras 1 a 6 como objeto de estudo, estimulou a curiosidade dos alunos em todas as etapas, dando abertura para associar o cotidiano deles ao conhecimento específico, sendo, portanto, uma estratégia válida no complemento do ensino das leis de Mendel. As figuras com anomalia “polidactilia” como recurso didático no ensino de genética mostraram-se eficientes e de fácil manipulação dentro da sala de aula, sendo um recurso de baixo custo para seu desenvolvimento, podendo ser utilizada por professores da rede e, portanto, fazer parte do plano de ensino das escolas.

Assim sendo, do nosso ponto de vista esse modelo didático foi importante, pois facilitou a aprendizagem, instigando os alunos ao trabalho em grupo na construção coletiva do conhecimento e na união entre a teoria e a prática; tornando o ensino de genética, prazeroso e acessível a todos os licenciandos.

Para os alunos essa metodologia utilizada, além de facilitar a compreensão de conhecimentos estatísticos como de probabilidade, foram recursos que tornaram o assunto abordado na sala de aula mais atraente e que atuou como facilitador da compreensão dos mecanismos da hereditariedade, levando em conta o conjunto de resultados expostos nas figuras de 7 a 14 e as respostas obtidas e relatadas nas questões de 1 a 6, sugerem que a utilização desse modelo didático como atividade (Figuras 1 a 6) possibilitou maior interação entre o

conhecimento do professor e dos alunos. Ainda serviu como atividade de reforço e fixação de conteúdos de genética previamente desenvolvidos nas aulas e avaliação do aprendizado. Ao unir o conhecimento científico ao modelo didático (Figuras 1 a 6), a aula se tornou mais atraente, com mais participação dos alunos e maior capacidade de prender a atenção dos alunos para os conteúdos de genética que foram trabalhados.

Nessa direção, concordamos com Freitas (2008), ao considerar que os modelos didáticos complementam as falhas causadas durante o ensino teórico e permitem a experimentação, permitindo ao aluno relacionar teoria e prática, viabilizando melhor compreensão dos conceitos e desenvolvimento de habilidades e competências.

CONCLUSÕES

Concluiu-se que a aplicação desta metodologia simulando o espaço amostral das possibilidades (Ω) com a ocorrência e combinação de eventos independentes, assim como as chances de cada evento acontecer, principalmente, utilizando o emprego do Binômio de Newton, contribuiu no processo de ensino e aprendizagem de Genética no Curso de Licenciatura Plena em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Rondonópolis, MT, pois, o conteúdo estabelecendo comparações, além de ser ensinado teoricamente, auxiliando no desenvolvimento da interdisciplinaridade, também foi praticado e analisado. Dessa forma, novas abordagens didáticas são fundamentais para que se possa obter êxito no processo ensino aprendizagem sobre as aplicações de probabilidade em genética no ensino de biologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, I. “Demonstrating”. In: FOSTER, Fred; HOUNSELL, D.; THOMPSON, S. Tutoring and Demonstrating: a Handbook. Edinburgh: Centre for Teaching, Learning and Assessment, The University of Edinburgh in association with the (former) Universities’ and Colleges’ Staff Development Agency, 1995.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia: Biologia das Populações*. 3. ed. v. 3. São Paulo: Moderna, 2010.

AMORIM, A. S. Influência do uso de jogos e modelos didáticos no ensino de biologia para alunos de ensino médio. 2013. 49 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Aberta do Brasil, Modalidade de Ensino a Distância, Universidade Federal do Ceará, Beberibe, 2013.

ARAÚJO, M. S.; CARVALHO, B. A. P.; LIMA, M. M. O. A Genética no ensino médio: uma análise dos conhecimentos dos alunos de escolas públicas da rede estadual e federal em Floriano/PI. In: CONGRESSO NORTE E NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 11., 2016, Maceió. Anais... Maceió: IFAL, 2016.

BARROS, G. D.; RIBEIRO, A. M.; SILVA, D. M. S.; O uso de Recursos Didáticos no Ensino de Genética: Investigando as Produções Acadêmicas Nacionais, XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem Matemática: uma nova estratégia*. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional – 7. Ed. – Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2012.*

CASAGRANDE, G. L. *A genética humana no livro didático de biologia*. 2006. 121f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e tecnológica) - Universidade federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CATARINACHO, R. L. *O ensino de genética com super-heróis: uma abordagem mutante na sala de aula*. São Paulo, 2011, 32 p. (Monografia – Universidade Presbiteriana Mackenzie).

CAVALCANTE, D.; SILVA, A. Modelos didáticos e professores: concepções de ensino-aprendizagem e experimentações. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química. Curitiba, UFPR, julho de 2008.

DELLA, L. A. J.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de genética-exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. *Arquivos do Museu Dinâmico Interdisciplinar*, v. 10, n. 2, p. 35-40, 2013.

DEVORE, J. L. *“Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências”* Editora Cengage Learning, São Paulo, 2013.

DUSO, L. O uso de modelos no ensino de biologia. Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino, v. 16, p. 432-441, 2012. UNICAMP - Campinas – 2012.

GONZAGA, P. C.; SANTOS, C. M. R.; SOUSA, F. M. C.; COSTA, M. L. A Prática de Ensino de Biologia em Escolas Públicas: Perspectivas na Visão de Alunos e Professores. XVI ENDIPE – Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino – UNICAMP – Campinas – 2012, 10 p.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. Introdução à genética. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

GROENWALD, C. L. O.; SILVA, C. K.; MORA, C. D. Perspectivas em Educação Matemática. Acta Scientiae. Revista de Ciências Naturais e Exatas. Canoas, v.6, n.1, jan./jun. 2004.

JESUS, S. N. “Estratégias para Motivar os Alunos”. Educação, vol. 31, n. 1, 2008, pp. 21-29.

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino de Genética – Exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arq Mudi. v. 10, n. 2, p. 35-40, 2006.

KLAUBERG, S. D. W. O Lúdico no Ensino da biologia uso de um modelo didático para ensino da divisão celular mitótica. 2015. 21 f. Monografia (Especialização em Genética para Professores do Ensino Médio) - Universidade Federal do Paraná, Nova Londrina, 2015.

MASCARENHAS, M.J.O; SILVA, V.C.; MARTINS, P.R.P; FRAGA, E.C.; BARROS, M.C. Estratégias Metodológicas para o Ensino de Genética em Escola Pública. Pesquisa em Foco, v. 21, n.2, p.05-24. 2016.

MATOS, C. H. C., OLIVEIRA, C. R. F., SANTOS, M. P. F., Ferraz, C.S. Utilização de Modelos Didáticos no Ensino de Entomologia. Revista de Biologia e Ciências da Terra 9(1), 2009.

MASETTO, Marcos T. (Org.). Ensino de Engenharia: técnicas para otimização das aulas. São Paulo: Avercamp, 2007.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T.; SOUZA, E. A. Proposta de modelo didático como facilitador do ensino de genética de populações no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT. Biodiversidade - v.20, n.2, 2021 - pág. 215 – 235.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T.; SOUZA, E. A. Utilização prática de um modelo didático simulando uma técnica de bandas do DNA para estudo comparativo do vínculo genético humano aplicado aos estudantes de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT. Revista Biodiversidade - v.20, n.3, 2021 - pág. 49 - 71.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T.; SOUZA, E. A. O uso de modelo representativo aplicado no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFR/MT de como a seleção natural age sobre as variações genéticas do inseto após o uso de inseticida. Revista Biodiversidade - v.21, n.1, 2022 - pág. 182 – 207.

MEIRA, M. S. Intervenção com modelos didáticos no processo de ensino-aprendizagem do desenvolvimento embrionário humano: uma contribuição para a formação de licenciados em

ciências biológicas. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 37, n. 2, 2015, p. 301- 311, maio/ago. 2015.

MENDONÇA, C. O.; SANTOS, M. W. O. dos. Modelos didáticos para o ensino de ciências e biologia: aparelho reprodutor feminino da fecundação a nidação. In: V COLÓQUIO INTERNACIONAL “EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE”, 5., São Cristóvão, 2011. Anais... Sergipe, 2011.

MENDOZA, L. P., Why Teach Statistics and Probability, Nova York: Yearbook, 1981.

PIERCE, B. A. *Genética essencial: conceitos e conexões*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

PIERCE, B. *Genética: Um enfoque conceitual*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

REGINALDO, C. C.; SHEID, N. J.; GÜLLICH, R. I. C. O ensino de Ciências e a experimentação. In: ANPED Sul: Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul - p.1-13, 2012.

RINGO, J. *Genética básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

SAMPAIO, C. F.; SILVA, A. G. Uma Introdução a Biomatemática: A importância da Transdisciplinaridade entre Biologia e Matemática. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL “EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE”. 4., 2012, Sergipe. Anais... Sergipe: UFSE, 2012.

SHAUGHNESSY, J.M. Research on statistics learning and reasoning. In: LESTER, F. (Ed.). *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*. Reston: NCTM, 2007. p. 957-1010.

SILVA, E. M.; SILVA, E. M.; MUROLO, A. C.; GONÇALVES, V. *Estatística para os cursos de economia, administração e ciências contábeis*. 5. ed. v. 1. São Paulo: Atlas, 2008.

SOUSA, T. A.; SPÓSITO, R. C. A.; MARISCO, G. A importância de aulas experimentais no entendimento da genética: sistema sanguíneo ABO e fator RH. In: 4 EREBIONE, 2013, UFRN. Anais... Rio Grande do Norte, 2013.

SOUSA, E. S.; NUNES-JUNIOR, F. H.; CAVALCANTE, C. A. M.; HOLANDA, D. A. S. A Genética Em Sala De Aula: Uma Análise Das Percepções E Metodologias Empregadas Por Professores Das Escolas Públicas Estaduais De Jaguaribe Ceará. *Conex. Ci. e Tecnol. Fortaleza/CE*, v. 10, n. 4, p. 16 - 24, dez. 2016.

TEMP, D.S. *Facilitando a aprendizagem de Genética: uso de um modelo didático e análise dos recursos presentes em livros de Biologia*. 85f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde). Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

VALADARES, B. L. B.; PEREIRA, A. O.; ALMEIDA, C. S. Morfologia cromossômica e alterações estruturais: um modelo didático. *Genética na Escola, Ribeirão Preto: SBG*, v.9, n.1, p. 20-29, 2014.

VIVEIRO, A. A.; CAMPOS, L. M. L. Formação inicial de professores de ciências: reflexões e abordagens das estratégias de ensino e aprendizagem em um curso de licenciatura. ALEXANDRIA: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v.7, n.2, p.221-249, 2014.

WEINGARTNER, G. F. Objetos virtuais de aprendizagem como ferramenta metodológica no ensino de genética no ensino médio. Dissertação (Mestrado)-Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, 2014.

ZOMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. As atividades de investigação no Ensino de Ciências na perspectiva da teoria da Aprendizagem Significativa. Revista electrónica de investigación en educación en ciencias, v. 5, n. 2, p. 12-19, 2010.