

MODELO DIDÁTICO APLICADO NO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS DA UFR/MT PARA A COMPREENSÃO DA INTERAÇÃO ENTRE A ANÁLISE COMBINATÓRIA E O ESTUDO GENÉTICO DE UMA NINHADA DE *Athene cunicularia* (CORUJA-BURAQUEIRA)

Mauro Osvaldo Medeiros¹
Sueli Maria Alves¹
Marcelo Teiji Kimura²

RESUMO: A disciplina de Genética do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso, é um dos ramos da biologia, que possibilita a elaboração de atividades interdisciplinares entre Biologia e Matemática. Assim, no que diz respeito ao ensino, este trabalho teve como objetivo mostrar a importância da análise combinatória e suas aplicações, em particular no campo da Genética que é uma ramificação da Biologia que estuda a hereditariedade, bem como expor de maneira prática a interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática. O modelo didático ilustrou as possibilidades de nascimentos de uma ninhada de seis ovos de coruja-buraqueira. A análise e tabulação dos dados obtidos foram realizadas por meio da construção de figuras e do diagrama da árvore de possibilidades, com o propósito de que os alunos fizessem um julgamento probabilístico desenvolvendo o raciocínio combinatório para a construção de diversas representações em figuras, tabelas e espaços amostrais, para mostrar de quantas maneiras podem ser combinadas a eclosão dos 6 ovos, com duas versões de sexo: masculino e feminino. Diante dos dados, foi possível concluir com essa metodologia que atividades com exploração da relação entre genética e análise combinatória, promovendo um estudo interdisciplinar entre a biologia e a matemática, podem contribuir para o desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, visto que eles precisaram pensar, raciocinar, interpretar e, ao final da investigação, relatar os resultados encontrados.

Palavras-chave: Ensino de genética, Aprendizagem, Biomatemática, Análise combinatória, Árvore de possibilidades.

DIDACTIC MODEL APPLIED IN THE LICENSE COURSE IN BIOLOGICAL SCIENCES AT UFR/MT TO UNDERSTAND THE INTERACTION BETWEEN COMBINATORY ANALYSIS AND THE GENETIC STUDY OF A BITCH OF *Athene cunicularia* (BURNING-OWL)

ABSTRACT: The discipline of Genetics of the Biological Sciences Course at the Federal University of Rondonópolis in the State of Mato Grosso, is one of the branches of biology, which enables the development of interdisciplinary activities between Biology and Mathematics. Thus, with regard to teaching, this work aimed to show the importance of combinatorial analysis and its applications, particularly in the field of Genetics, which is a branch of Biology that studies heredity, as well as to expose in a practical way the interdisciplinarity between Biology and Mathematics. The didactic model illustrated the birth possibilities of a litter of six burrowing owl eggs. The analysis and tabulation of the data obtained were carried out through the construction of figures and the diagram of the tree of possibilities, with the purpose of allowing the students to make a probabilistic judgment, developing combinatory reasoning for the construction of various representations in figures, tables and spaces. samples, to show in how many ways the hatching of the 6 eggs can be combined, with two versions of sex: male and female. Given the data, it was possible to conclude with this methodology that activities exploring the relationship between genetics and combinatorics, promoting an interdisciplinary study between biology and mathematics, can contribute to the personal and cognitive development of the student, since they needed to think, reason, interpret and, at the end of the investigation, report the results found.

Keywords: Teaching genetics, Learning, Biomathematics, Combinatorial analysis, Tree of possibilities.

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

A disciplina de Genética do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Rondonópolis do Estado de Mato Grosso, é um dos campos de estudos que possibilita a elaboração de atividades interdisciplinares entre Biologia e Matemática. Uma primeira aproximação dá-se nos estudos de Análise Combinatória e cálculos de probabilidades. As noções de acaso e incerteza, que se manifestam intuitivamente, podem ser exploradas em Genética, em modelos didáticos que são representações, confeccionadas a partir de material concreto, de estruturas ou partes de processos biológicos, situações nas quais o aluno realiza experimentos e observa eventos, em geral, em espaços equiprováveis.

Assim, utilizando as teorias das probabilidades, pois os acontecimentos nesse ramo da Biologia envolvem eventos aleatórios, como o encontro dos gametas masculinos e femininos, será considerado na espécie coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) que tem o sexo determinado geneticamente, onde todas as fêmeas são heterogaméticas (ZW) e os machos homogaméticos (ZZ). Segundo Suzuki et al. (2002); Modi & Crews (2005) as espécies com cromossomos sexuais heteromórficos têm níveis iguais da expressão do gene entre os sexos quando um sexo tem somente uma cópia, ZW ou XY, e o outro sexo tem duas cópias de um cromossomo em particular, ZZ ou XX. Os cromossomos sexuais W e Y são alelos dominantes ao sexo masculino em relação aos Z e X, respectivamente (SCHARTL, 2004).

Dessa forma, na meiose de uma fêmea são produzidos dois tipos de gametas, um contendo o cromossomo Z e o outro W; já, o macho produz apenas gametas com o cromossomo Z. Sendo assim, quem determina o sexo do descendente é a Fêmea. Como a proporção dos gametas femininos contendo o cromossomo Z, é de 50% e contendo W também é 50%, é fácil entender que a probabilidade de que qualquer descendente seja fêmea ou macho é 1/2. Portanto, os conhecimentos sobre meiose, mostram que a fertilização para produzir qualquer descendente, não tem nenhuma relação com outra. Em outras palavras, se um casal de coruja-buraqueira em uma ninhada de ovos obtiver vários descendentes, a produção de cada um deles é um evento inteiramente independente, isto é, o sexo de um descendente não tem relação alguma como sexo dos demais.

A coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) nidifica no chão em ambientes geralmente urbanizados, e dessa forma, determinar com precisão se os embriões dos ovos serão de sexo masculino ou feminino pode ser uma tarefa difícil, mesmo para especialistas. Portanto, para facilitar a compreensão, desses acontecimentos que envolvem eventos aleatórios, como o encontro dos gametas masculinos e femininos, devemos desenvolver o raciocínio combinatório, construindo o conjunto de possibilidades, para estimar em termos quantitativos as chances de ocorrência de cada sexo. Segundo Medeiros et al. (2021) esse tipo de conteúdo pode ser trabalhado com representações simplificadas da realidade, usando para isso os genes, genótipos, fenótipos, gametas, ou cromossomos, representados simbolicamente.

Os modelos didáticos permitem, portanto, um tratamento quantitativo dos fenômenos, o estabelecimento de previsões e uma maneira de testar hipóteses. E de acordo com Cavalcante & Silva (2008) os modelos didáticos permitem a experimentação, dando oportunidade aos estudantes de correlacionarem a teoria com a prática, propiciando a compreensão dos conceitos, o desenvolvimento de habilidades e competências. Diversos autores Dolz; Noverraz & Schneuwly (2004); Oliveira (2005); Bassanezi (2006); Barbosa (2008); Pedroso (2009); (Melo (2010); Mendonça & Santos (2011); Duso (2012); Guilherme et al. (2012); Hermann & Araújo (2013); Calderano et al. (2014); Klauberg, (2015); Lima & Camarotti (2015); Pereira et al. (2015); Batista; Oliveira; Rodrigues (2016) Medeiros et al. (2021 e 2022); Medeiros, Alves e Kimura (2022) relataram a utilização de modelos didáticos representativos na facilitação do aprendizado.

Diante do exposto, este estudo propõe um modelo didático para facilitar a compreensão dos alunos da relação entre a análise combinatória e cálculos de probabilidades em genética, promovendo um estudo interdisciplinar mais atraente para a fixação desse conteúdo. Estudos como os de Esteves (2001); Ferreira, Rufino e Silva (2016) têm reforçado a idéia da dificuldade de alunos, de diferentes níveis, na compreensão dos problemas e na aquisição dos conceitos concernentes a esse campo da matemática.

Assim, neste trabalho procurou-se explorar uma situação real em que a análise combinatória se aplica para viabilizar o ensino dos conteúdos propostos, proporcionando a criação e interpretação de modelos didáticos, com o objetivo de tornar as aulas mais dinâmicas e interessantes, e uma aprendizagem mais significativa e proveitosa.

Por fim, no que diz respeito ao ensino, este trabalho teve como objetivo mostrar a importância da análise combinatória e suas aplicações, em particular no campo da Genética que é um ramo da Biologia que estuda a hereditariedade, bem como expor de maneira prática a interdisciplinaridade entre Biologia e Matemática.

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 a resolução da atividade 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:

A 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. E nesse sentido, os alunos foram orientados para o estudo da Combinatória e da Probabilidade, a fim de que adquirissem conhecimentos sobre o levantamento de possibilidades e a medida da chance de cada um deles.

Na segunda aula (50 min) foi aplicado um experimento simulando as composições aleatórias considerando uma ninhada de um casal de coruja-buraqueira (Figura 1), que envolvia conceitos de análise combinatória e probabilidade, para que os alunos apresentassem as diferentes maneiras de obter as eclosões dos ovos, com as duas versões de sexo: masculino e feminino.

Estratégia do modelo didático proposto

De acordo com o objetivo proposto, a Figura 1, foi elaborada após vários estudos, como representação didática e fonte de informação, que fosse, para os licenciandos em 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.

Assim, foi proposto observação e coleta de dados analisando as informações representativas dos eventos (Figura 1), o levantamento de hipóteses de equiprobabilidade, a construção do diagrama ou árvore de possibilidades com maior número de possibilidades, e utilizar a estatística dos resultados observados para estimar a probabilidade de um evento dado.

Apresentação e estratégia de resolução da situação-problema

As corujas de forma geral são monomórficas, ou seja, machos e fêmeas têm a mesma aparência, não sendo possível determinar o sexo apenas pela visualização externa. Os machos e as fêmeas têm o mesmo número cromossômico ($2n=30$) e diferem somente quanto ao complemento de cromossomos sexuais, sendo que o cromossomo comum aos dois sexos é chamado Z e o cromossomo exclusivo da fêmea é chamado W. Assim, o par de cromossomos sexuais no macho é formado por dois cromossomos iguais, sendo, portanto, homogamético (ZZ). Já o par de cromossomos sexuais da fêmea é formado por um cromossomo Z e um outro, conhecido por W, sendo a fêmea, portanto heterogamética (ZW).

Assim, para a realização da atividade dispomos aos estudantes uma representação figural/simbólica/numérica de um casal popularmente conhecido como coruja-buraqueira, *Athene cunicularia* (Figura 1), uma das corujas mais comuns do Brasil. Essa espécie de coruja diferencia-se por ser diurna, tendo como característica a nidificação em buracos no solo. Esses buracos, geralmente, são feitos por outros animais, como os tatus, e a coruja-buraqueira os amplia utilizando os pés. Por ser uma espécie monogâmica, este espaço é geralmente ocupado por um casal, e é também nele onde a fêmea depositará seus ovos.

Nas ninhadas de aves, o número de descendentes produzidos por um casal é normalmente grande. Conseqüentemente, as proporções fenotípicas em geral se desviam significativamente de suas expectativas teóricas.



Figura 1. Modelo didático confeccionado com perspectivas de utilização no processo de ensino e aprendizagem de probabilidade aplicada a genética, ilustrando a área de nidificação do casal de coruja-buraqueira.

Desse modo, considerando o modelo didático ilustrando a ninhada de $n = 6$ ovos de coruja (Figura 1), procurou-se explorar situações que envolvessem o conceito de princípio multiplicativo e a idéia de arranjos simples com o propósito de que os alunos fizessem um julgamento probabilístico desenvolvendo o raciocínio combinatório para a construção de diversas representações para mostrar todas as possibilidades de agrupamentos, verificando de quantas maneiras podem ser combinadas a eclosão dos 6 ovos, com duas versões de sexo: masculino e feminino. Assim, o desenvolvimento do estudo favoreceu o raciocínio combinatório enquanto foram obtidas através da aplicação diagrama da árvore de possibilidades todas as diferentes possibilidades em que as eclosões podem ocorrer.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise combinatória é um processo que estabelece vários métodos de contagem para atingir resultados mais rapidamente. Possui várias aplicações, como nos estudos sobre probabilidade e estatística, ela faz análise das possibilidades e das combinações possíveis entre um conjunto de elementos. Assim, usando a ninhada de um casal de coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) como objeto de estudo (Figura 1), foi analisado de quantas maneiras distintas poderia ocorrer as seis eclosões quando associadas ao sexo.

Na Figura 2, está exemplificado como se dá a definição do sexo em corujas. Todos os espermatozoides contêm o cromossomo (alossomo) Z, mas os óvulos podem carregar tanto o Z como o W. Os alossomos Z e W, são cromossomos, os quais se unem em pares de maneira a determinar o sexo de uma coruja. Durante a divisão celular para a formação das células reprodutivas, cada membro do par de cromossomos vai para uma célula diferente. Deste modo, 50% dos óvulos vão carregar o cromossomo alossomo Z e os outros 50% vão carregar o cromossomo alossomo W. Se um óvulo carregando o cromossomo alossomo W for fertilizado por um espermatozoide, o filhote será de sexo feminino; porém, se for um óvulo carregando um Z, o zigoto originará um de sexo masculino. Assim, se ambos os ascendentes contribuírem com o alossomo (Z), o descendente será ZZ e seu fenótipo será o sexo masculino. Se o descendente herdar o alossomo (Z) do pai e o alossomo (W) da mãe o descendente será ZW e o fenótipo será o sexo feminino.

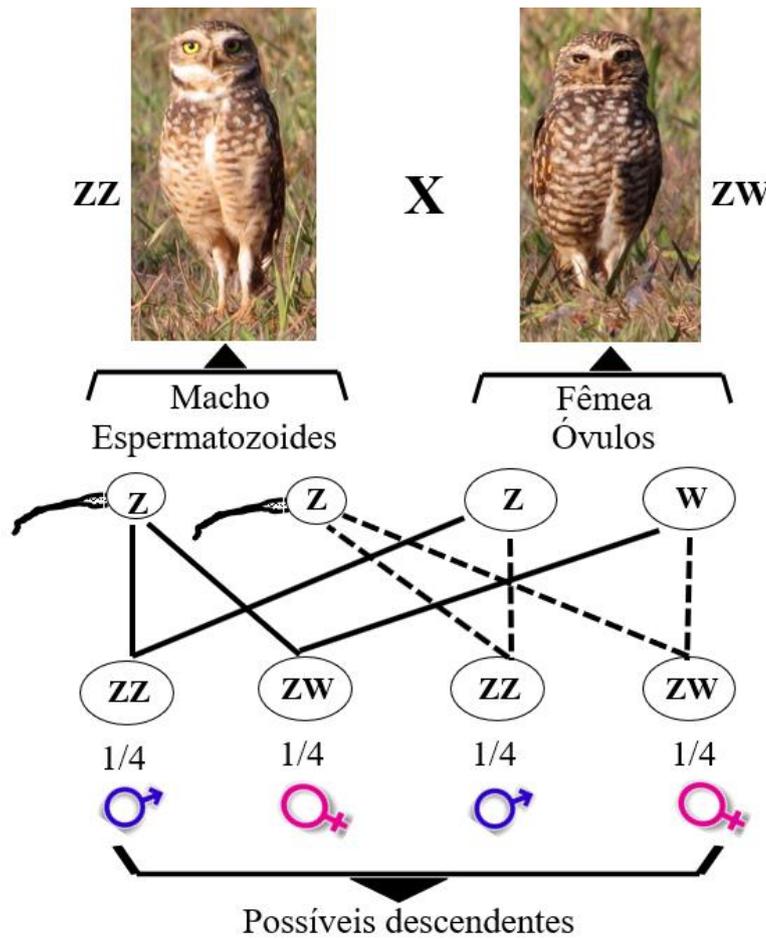


Figura 2. Ilustração do cruzamento entre um casal de corujas-buraqueira (ZZ x ZW) demonstrando as possibilidades de combinação entre os cromossomos sexuais e a proporção de 2 indivíduos com genótipo ZZ (macho) e 2 ZW (fêmea).

Acompanhando a representação (Figura 2), poderemos diretamente contar quantos tipos diferentes de fórmulas genéticas poderemos escolher. Assim, identificamos que existem 4 combinações possíveis. Então, a probabilidade de um ovo eclodir com coruja de sexo masculino ou feminino é de 2/4 ou 1/2, visto que ela pode nascer com a fórmula genética ZZ ou ZW.

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 alossomo de cada um dos gametas correspondentes, gerando a fórmula genética da prole produzida pela fusão desses gametas. Desse modo, pela simples contagem, poderemos determinar as fórmulas genéticas das eclosões produzidas e suas proporções (LOPES, 2002; AMABIS & MARTHO, 2010; PIERCE, 2012; SINUSTAD & SIMMONS, 2013; GRIFFITHS et al., 2016; ARAÚJO, 2016, MEDEIROS et al., 2022) como pode ser visualizado na Figura 3.

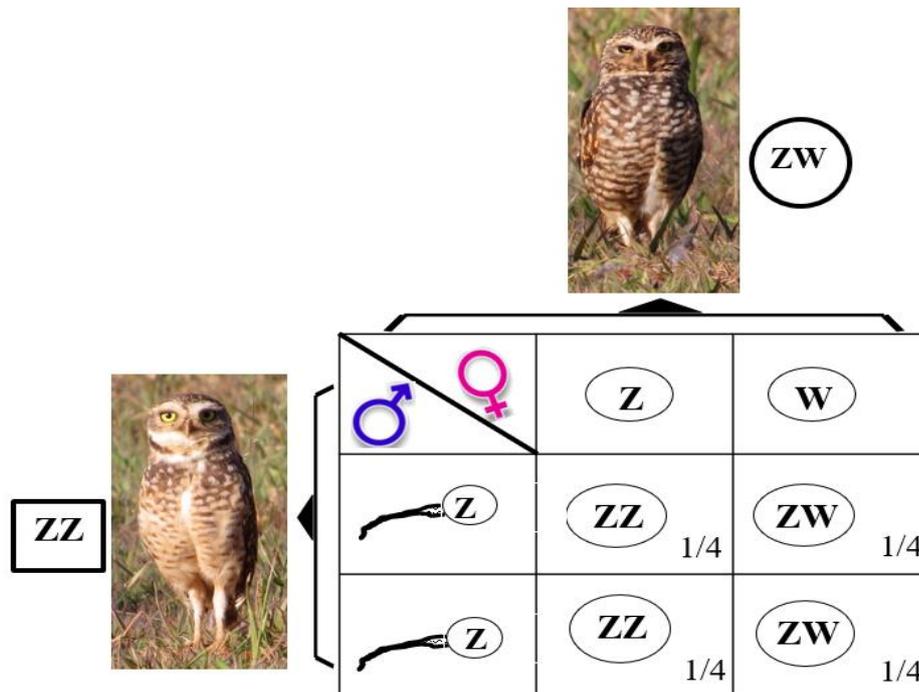


Figura 3. Quadro de Punnett demonstrando as possibilidades de combinação entre os cromossomos sexuais e a proporção de 2 indivíduos com genótipo ZZ (macho) e 2 ZW (fêmea).

Assim, do ponto de vista da genética, se um casal de coruja-buraqueira gerar vários descendentes, a produção de cada um deles é um evento inteiramente independente, isto é, o sexo de um descendente não tem relação alguma com o sexo dos demais.

Na representação gráfica (Figura 4), observam-se o casal de coruja-buraqueira e a descendência de ovos ordenados pelos números 1, 2, 3, 4, 5 e 6 em relação aos alossomos (Z e W). O princípio de Fisher (1930) prediz que em organismos com reprodução sexuada, a razão sexual é igual 1:1. Entretanto, embora existam as mesmas probabilidades para eclosões de descendentes nos dois sexos, podem ocorrer variações na proporção sexual entre machos e fêmeas.

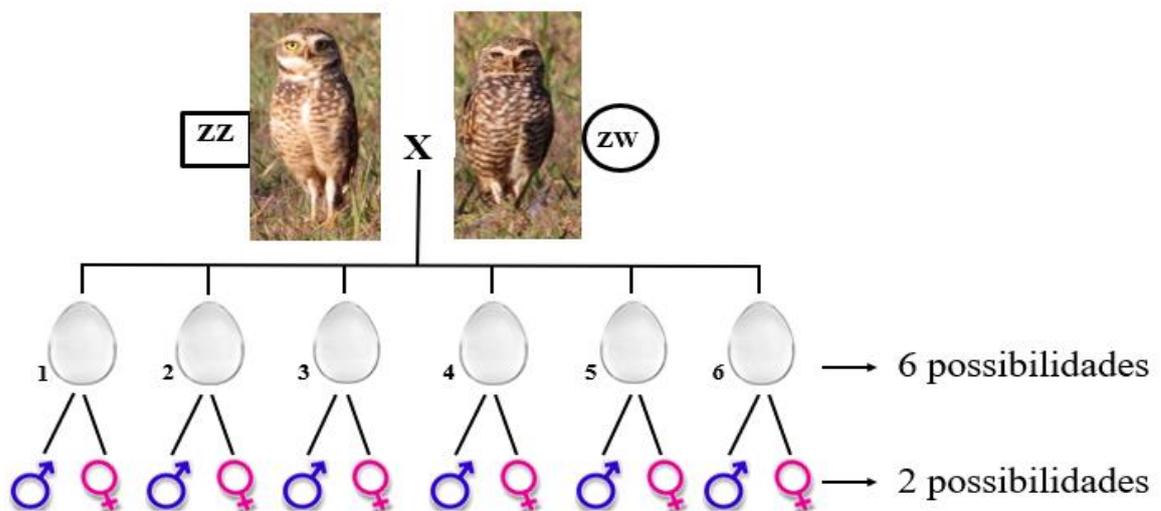


Figura 4. Diagrama amostral do casal de coruja-buraqueira identificados por ZZ (Macho), ZW (fêmea) relacionados por ascendência comum aos ovos (1, 2, 3, 4, 5 e 6).

Para facilitar a compreensão vamos utilizar o esquema da Figura 4. Quando queremos determinar a quantidade total de possibilidades de eclosões dos seis ovos, tanto para o número de vezes em que ocorre o evento sexo masculino, quanto para o número de vezes em que ocorre o evento sexo feminino. Estamos diante de um problema em que devemos utilizar os conceitos de princípio multiplicativo e arranjos simples. Assim, temos que contabilizar a totalidade das diferentes possibilidades que se pode considerar para a situação-problema proposta.

Na Tabela 1, foram ilustradas como podem ser a distribuição das ocorrências e possíveis combinações fenotípicas para seis eclosões distintas, admitindo-se o número de vezes em que ocorre o evento sexo masculino, e o número de vezes em que ocorre o evento sexo feminino. Portanto, podem ser verificadas sete alternativas possíveis com os respectivos número de machos (azul) e fêmeas (vermelho): eclosão de 6 descendentes de sexo masculino e 0 do sexo feminino; eclosão de 5 descendentes de sexo masculino e 1 do sexo feminino; eclosão de 4 descendentes de sexo masculino e 2 do sexo feminino; eclosão de 3 descendentes de sexo masculino e 3 do sexo feminino; eclosão de 2 descendentes de sexo masculino e 4 do sexo feminino; eclosão de 1 descendente de sexo masculino e 5 do sexo feminino; eclosão de 6 descendentes do sexo feminino e 0 do sexo masculino.

Evidentemente, o sexo corresponde a um caráter determinado pela existência dos alossomos Z e W, que conferem as corujas a característica de nascer com o sexo masculino ou feminino.

Tabela 1. Conjunto formado por todas as alternativas possíveis de acontecer na ninhada de ovos, eclosões, sendo na ordem, o 1º, 2º, 3º, 4º, 5º ou o 6º do sexo masculino ou feminino.

ALTERNATIVAS ANALISADAS	
EVENTOS POSSÍVEIS	EVENTOS POSSÍVEIS
Número de fêmeas	Número de machos
0	6
1	5
2	4
3	3
4	2
5	1
6	0

Para cada uma das sete alternativas citadas na Tabela 1, ainda temos de descobrir de quantas maneiras posso representar cada alternativa em relação aos agrupamentos, dispondo das eclosões ordenadas de: 6 descendentes de sexo masculino e 0 do sexo feminino; 5 descendentes de sexo masculino e 1 do sexo feminino; 4 descendentes de sexo masculino e 2 do sexo feminino; 3 descendentes de sexo masculino e 3 do sexo feminino; 2 descendentes de sexo masculino e 4 do sexo feminino; 1 descendente de sexo masculino e 5 do sexo feminino; 6 descendentes do sexo feminino e 0 do sexo masculino.

Assim, de modo geral, se o evento é composto por duas etapas sucessivas e independentes de tal maneira que o número de possibilidades na primeira etapa é duas e para cada possibilidade da primeira etapa o número de possibilidade na segunda etapa é duas e assim até a sexta etapa. Portanto, o número total de possibilidades desse evento ocorrer é dado pelo produto $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^6$. Então podemos formar 64 combinações distintas de corujas machos e fêmeas associadas as alternativas da Tabela 1.

Para determinar o quantitativo das 64 combinações que são possíveis, foi proposto a construção de dois diagramas de árvores de possibilidades (Tabelas 2 e 3), de maneira que o

aluno faça uso do raciocínio combinatório enquanto constrói as árvores e determina o total de combinações para cada alternativa (Tabela 1). Nesse caso, foi utilizado a idéia de arranjos e princípio multiplicativo. No que diz respeito à árvore de probabilidades, esta é uma representação que permite a visualização de todas as possibilidades de um acontecimento, a partir de um diagrama que se ramifica de acordo com as possibilidades do evento considerado.

Portanto, para obter as combinações na tabela de dupla entrada, representamos a primeira entrada pelo macho em cor azul e a segunda entrada pela fêmea em cor vermelha, procedimento que favoreceu ao aluno identificar todos os diferentes agrupamentos de combinações envolvidos com as alternativas (Tabela 1). Nesse caso, como a construção do diagrama de árvore de possibilidades, foi pensada em dois momentos (Tabelas 2 e 3), no primeiro deles a construção da árvore de possibilidades (Tabela 2) foi fundamental para identificar todas as possibilidades de ordenações quando se deseja que o primeiro descendente na ordem das eclosões seja portador do sexo masculino e no segundo (Tabela 3) foi fundamental para identificar todas as possibilidades de ordenações quando se deseja que o primeiro descendente na ordem das eclosões seja portador do sexo feminino.

A Tabela 2, exibe no diagrama da árvore de possibilidades, todos os 32 caminhos possíveis de acontecer na ninhada de ovos, eclosões, sendo na ordem o primeiro descendente portador do sexo masculino, cujo ramos correspondentes são mostrados em azul. Nesse caso, foi gerado, um total de 32 caminhos de ramificações. Cada caminho de ramificação representou uma possibilidade de combinação diferente.

Tabela 2. O diagrama de árvore identificando todas as possibilidades de ordenações quando na ordem das eclosões o primeiro descendente foi portador do sexo masculino.

Ordem em que as eclosões dos descendentes aparecem						Possibilidades de ordenações	
1	2	3	4	5	6		
							
Macho	Macho	Macho	Macho	Macho	Macho	Macho, Macho, Macho, Macho, Macho, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Macho, Macho, Macho, Fêmea,	
				Macho	Fêmea	Macho, Macho, Macho, Macho, Fêmea, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Macho, Macho, Fêmea, Fêmea,	
			Fêmea	Macho	Macho	Macho, Macho, Macho, Fêmea, Macho, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Macho, Fêmea, Macho, Fêmea,	
				Macho	Fêmea	Macho, Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea,	
		Fêmea	Macho	Macho	Macho	Macho	Macho Macho, Fêmea, Macho, Macho, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Fêmea, Macho, Macho, Fêmea,
				Fêmea	Macho	Fêmea	Macho, Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea,
			Fêmea	Macho	Macho	Macho	Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea,
				Fêmea	Macho	Fêmea	Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea,
	Fêmea	Macho	Macho	Macho	Macho	Macho, Fêmea, Macho, Macho, Macho, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Macho, Macho, Fêmea,	
				Macho	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Macho, Fêmea, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Macho, Fêmea, Fêmea,	
			Fêmea	Macho	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho, Macho,	
				Macho	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea,	
				Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea,	
		Fêmea	Macho	Macho	Macho	Macho	Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho, Fêmea,
				Fêmea	Macho	Fêmea	Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea,
			Fêmea	Macho	Macho	Macho	Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea,
				Fêmea	Macho	Fêmea	Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho,
					Fêmea	Fêmea	Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea,

A Tabela 3, exibe no diagrama da árvore de possibilidades, todos os 32 caminhos possíveis de acontecer na ninhada de ovos, eclosões, sendo na ordem o primeiro descendente portador do sexo feminino, cujos ramos correspondentes são mostrados em vermelho. Nesse caso, foi gerado, um total de 32 caminhos de ramificações. Cada caminho de ramificação representou uma possibilidade de combinação diferente.

Tabela 3. O diagrama de árvore identificando todas as possibilidades de ordenações, em que na ordem das eclosões, o primeiro descendente é portador do sexo feminino.

Ordem em que as eclosões dos descendentes aparecem						Possibilidades de ordenações	
1	2	3	4	5	6		
Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea,	
				Macho	Macho	Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho,	
			Macho	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea,
					Macho	Macho	Fêmea, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho,
				Macho	Fêmea	Fêmea	Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea,
					Macho	Macho	Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho,
		Macho	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea,
					Macho	Macho	Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho,
				Macho	Fêmea	Fêmea	Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho, Fêmea,
			Macho		Macho	Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho, Macho,	
			Macho		Macho	Fêmea, Fêmea, Macho, Macho, Fêmea, Fêmea,	
			Macho	Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea
	Macho	Macho					Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea, Macho,
	Macho	Fêmea				Fêmea	Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Fêmea,
		Macho			Macho	Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho,	
		Macho			Macho	Fêmea, Macho, Fêmea, Fêmea, Macho, Macho,	
	Macho	Fêmea			Fêmea	Fêmea	Fêmea
				Macho		Macho	Fêmea, Macho, Fêmea, Macho, Fêmea, Macho,
				Macho	Fêmea	Fêmea	Fêmea, Macho, Fêmea, Macho, Macho, Fêmea,
		Macho			Macho	Fêmea, Macho, Fêmea, Macho, Macho, Macho,	
		Macho			Macho	Fêmea, Macho, Macho, Fêmea, Fêmea, Fêmea,	
		Macho		Fêmea	Fêmea	Fêmea	Fêmea
	Macho					Macho	Fêmea, Macho, Macho, Fêmea, Macho, Fêmea,
	Macho		Fêmea		Fêmea	Fêmea, Macho, Macho, Macho, Fêmea, Macho,	
Macho			Macho	Fêmea, Macho, Macho, Macho, Macho, Fêmea,			
Macho			Macho	Fêmea, Macho, Macho, Macho, Macho, Macho,			

Desse modo, com a construção do diagrama da árvore de possibilidades, os alunos desenvolveram o raciocínio combinatório acerca da quantidade de combinações fenotípicas para o estabelecimento dos agrupamentos das possíveis sequências de machos e fêmeas que devem ser consideradas.

Para melhor entender esta técnica, observe que para representar a árvore, precisamos saber que a eclosão de cada ovo possibilita a representação de dois ramos (Macho ou Fêmea), e que cada ramo vai bifurcando-se em outros dois ramos a cada nova eclosão de ovo. Observe que a árvore é construída iniciando-se à esquerda e ramificando-se para a direita e que o número de “ramos” que saem de cada ponto, corresponde ao número de possibilidades em que o evento pode ocorrer. Esse tipo de diagrama provê uma maneira conveniente de organizar as informações de um conjunto de eventos condicionais.

Assim, foram ilustradas em espaços amostrais, as ocorrências e possíveis combinações fenotípicas para seis eclosões que poderiam ser resultantes da ninhada do casal de coruja (Figura 1). As Tabelas 4 a 10, ilustram como pode ser a distribuição fenotípica das 64 alternativas (Tabelas 2 e 3), admitindo-se a possibilidade de eclodir corujas de sexo masculino ou feminino.

Nesse contexto, o modelo didático organizado para aplicar o método da árvore de possibilidades foi uma ferramenta extremamente útil para a organização das informações de maneira que podemos identificar e contar facilmente todos os resultados de combinações possíveis de eclosões dos ovos quando relacionados aos dois sexos. Desse modo, os alunos também perceberam que os sexos na sequência (Macho – Fêmea) e (Fêmea – Macho) são agrupamentos distintos, mostrando aí a diferença entre combinação e arranjo.

Assim, do nosso ponto de partida (Tabela 1) e, pelo exposto nas Tabelas 2 e 3, foram encontrados: um agrupamento com a combinação de 6 descendentes de sexo masculino e 0 do sexo feminino (Tabela 4); seis agrupamentos com a combinação de 5 descendentes de sexo masculino e 1 do sexo feminino (Tabela 5); dez agrupamentos com a combinação de 4 descendentes de sexo masculino e 2 do sexo feminino (Tabela 6); 20 agrupamentos com a combinação de 3 descendentes de sexo masculino e 3 do sexo feminino (Tabela 7); 10 agrupamentos com a combinação de 2 descendentes de sexo masculino e 4 do sexo feminino (Tabela 8); seis agrupamentos com a combinação de 1 descendente de sexo masculino e 5 do sexo feminino (Tabela 9) e um agrupamento com a combinação de 6 descendentes do sexo feminino e 0 do sexo masculino (Tabela 10).

Nos processos de contagem e de suas formas de avaliar a ocorrência das eclosões (Tabela 1), o entendimento de análise combinatória está associado a noção de escolher subconjuntos. A esses subconjuntos chamamos de combinação ou arranjo simples com seis eventos exposto nas Tabelas 2 e 3. O número desses arranjos foi 64. Desse modo, eventos como obter sexo masculino ou feminino ao eclodir um ovo são denominados eventos aleatórios porque cada um deles tem a mesma chance de ocorrer em relação a seus respectivos eventos alternativos. Quando a ocorrência de um evento não afeta a probabilidade de ocorrência de outro evento, fala-se em eventos independentes. Ao eclodir seis ovos ao mesmo tempo, ou várias vezes consecutivas, um resultado não interfere na ocorrência do outro. Por isso, os resultados são independentes.

Na Tabela 4, a partir da averiguação da árvore de possibilidades (Tabelas 2 e 3), foi anotado o agrupamento do ramo completo da árvore que propiciaram o espaço amostral com a sequência de 6 descendentes de sexo masculino e 0 do sexo feminino.

Como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão não afetará o resultado da outra eclosão; porém, a ordem das eclosões não foi relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo masculino. Dessa forma, também a partir da árvore de possibilidades (Tabelas 2 e 3), foi possível averiguar pela contagem simples entre todas as 64 possibilidades apenas uma ilustração com os 6 descendentes de sexo masculino e nenhuma de sexo feminino. No caso de ocorrer essa sequência, teremos um total de possibilidades igual a $(\frac{1}{2})^6 = 1/64$, ou seja, 0,015625. Esse resultado reflete o número de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 1,6% dessa combinação acontecer.

Tabela 4. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados seis machos.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o
6	0						

Na Tabela 5, também a partir do diagrama da árvore de possibilidades (Tabelas 2 e 3), foi possível averiguar seis sequências de combinações que propiciaram o espaço amostral com 5 descendentes de sexo masculino e 1 do sexo feminino. Como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão de ovo não afetará o resultado da outra eclosão; sendo importante a ordem da sequência de combinações, pois essa determinou o caminho percorrido; porém, a ordem das eclosões não é relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo masculino e com sexo feminino.

Nesse caso, como se trata de 6 agrupamentos do tipo combinação, a probabilidade em cada um desses modos de agrupamentos será de $(\frac{1}{2})^5 \times (\frac{1}{2})^1$, mas como são 6 modos de agrupamentos diferentes de se obter cinco machos e uma fêmea, teremos um total de possibilidades igual a $6 \times (\frac{1}{2})^5 \times (\frac{1}{2})^1 = 6/64$, ou seja, 0,09375. Esse resultado reflete o número de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 9,4% dessa combinação acontecer.

Tabela 5. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados cinco machos e uma fêmea.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o
5	1						
5	1						
5	1						
5	1						
5	1						
5	1						

Na Tabela 6, também a partir do diagrama da árvore de possibilidades averiguadas nas Tabelas 2 e 3, foram anotadas 15 sequências de combinações que propiciaram o espaço amostral com 4 descendentes de sexo masculino e 2 do sexo feminino. Assim, como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão de ovo não afetará o resultado da outra eclosão; sendo importante a ordem da sequência de combinações, pois essa determinou o caminho percorrido; porém, a ordem das eclosões não é relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo masculino e com sexo feminino.

Nesse caso, como se trata de 15 agrupamentos do tipo combinação a probabilidade em cada um desses modos de agrupamentos será de $(\frac{1}{2})^4 \times (\frac{1}{2})^2$, mas como são 15 modos de agrupamentos diferentes de se obter quatro machos e duas fêmeas, teremos um total de possibilidades igual a $15 \times (\frac{1}{2})^4 \times (\frac{1}{2})^2 = 15/64$, ou seja 0,234375. Esse resultado reflete o número de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 23,44% dessa combinação acontecer.

Tabela 6. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados quatro machos e duas fêmeas.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						
4	2						

Na Tabela 7, também a partir do diagrama da árvore de possibilidades averiguadas nas Tabelas 2 e 3, foram anotadas 20 seqüências de combinações que propiciaram o espaço amostral com 3 descendentes de sexo masculino e 3 do sexo feminino.

Como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão de ovo não afetará o resultado da outra eclosão; sendo importante a ordem da seqüência de combinações, pois essa determinou o caminho percorrido; porém, a ordem das eclosões não é relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo masculino e com sexo feminino.

Nesse caso, como se trata de 20 agrupamentos do tipo combinação, em cada um desses modos de agrupamentos a probabilidade será de $(\frac{1}{2})^3 \times (\frac{1}{2})^3$, mas como são 20 modos de agrupamentos diferentes de se obter três machos e três fêmeas, teremos um total de possibilidades igual a $20 \times (\frac{1}{2})^3 \times (\frac{1}{2})^3 = 20/64$, ou seja 0,3125. Esse resultado reflete o número

de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 31,25% dessa combinação acontecer.

Tabela 7. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados três machos e três fêmeas.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^o	2 ^o	3 ^o	4 ^o	5 ^o	6 ^o
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						
3	3						

Na Tabela 8, também a partir do diagrama da árvore de possibilidades averiguadas nas Tabelas 2 e 3, foram anotadas 15 sequências de combinações que propiciaram o espaço amostral com 2 descendentes de sexo masculino e 4 do sexo feminino. Como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão de ovo não afetará o resultado da outra eclosão; sendo

importante a ordem da sequência de combinações, pois essa determinou o caminho percorrido; porém, a ordem das eclosões não é relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo masculino e com sexo feminino.

Nesse caso, como trata-se de 15 agrupamentos do tipo combinação, a probabilidade em cada um desses modos de agrupamentos será de $(\frac{1}{2})^2 \times (\frac{1}{2})^4$, mas como são 15 modos de agrupamentos diferentes de se obter dois machos e quatro fêmeas, teremos um total de possibilidades igual a $15 \times (\frac{1}{2})^4 \times (\frac{1}{2})^2 = 15/64$, ou seja, 0,234375. Esse resultado reflete o número de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 23,44% dessa combinação acontecer.

Tabela 8. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados dois machos e quatro fêmeas.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						
2	4						

Na Tabela 9, também a partir do diagrama da árvore de possibilidades averiguadas nas Tabelas 2 e 3, foram anotadas 6 sequências de combinações que propiciaram o espaço amostral com 1 descendente de sexo masculino e 5 do sexo feminino. Como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão de ovo não afetará o resultado da outra eclosão; sendo

importante a ordem da sequência de combinações, pois essa determinou o caminho percorrido; porém, a ordem das eclosões não é relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo masculino e com sexo feminino.

Nesse caso, como se trata de 6 agrupamentos do tipo combinação, a probabilidade em cada um desses modos de agrupamentos será de $(\frac{1}{2})^1 \times (\frac{1}{2})^5$, mas como são 6 modos de agrupamentos diferentes de se obter um macho e cinco fêmeas, teremos um total de possibilidades igual a $6 \times (\frac{1}{2})^1 \times (\frac{1}{2})^5 = 6/64$, ou seja, 0,09375. Esse resultado reflete o número de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 9,4% dessa combinação acontecer.

Tabela 9. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados um macho e cinco fêmeas.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
1	5						
1	5						
1	5						
1	5						
1	5						
1	5						

Na Tabela 10, também a partir do diagrama da árvore de possibilidades averiguadas nas Tabelas 2 e 3, foi anotada apenas uma sequência de combinação que propiciaram o espaço amostral com 0 descendente de sexo masculino e 6 do sexo feminino. Como se trata de eventos compostos, o resultado de uma eclosão não afetará o resultado da outra eclosão; porém, a ordem das eclosões não foi relevante e sim apenas o número de eclosões com sexo feminino.

Nesse caso, a probabilidade será de $(\frac{1}{2})^6$. Portanto como foi averiguado apenas um modo de agrupamento em que se obtém seis fêmeas, teremos um total de possibilidades igual a $(\frac{1}{2})^6 = 1/64$, ou seja, 0,015625. Esse resultado reflete o número de vezes que se espera que o evento ocorra em relação ao número de vezes que ele poderia ocorrer. Isso é, 1,6% dessa combinação acontecer.

Tabela 10. Conjunto estabelecido por todos os possíveis resultados de eclosões, em que na constatação das combinações são observados zero machos e seis fêmeas.

N ^o de cada sexo		Ordem resultante das eclosões dos ovos por sexo					
		1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	5 ^a	6 ^a
0	6						

De acordo com o exposto no trabalho, verificou-se a importância da aplicação da análise combinatória e probabilidade no ensino da genética, visto que se trata de áreas do conhecimento que têm um papel importante na formação do senso crítico e da capacidade de tomada de decisões, estando diretamente relacionado à formação do cidadão e sua alfabetização científica.

Na realização dessa atividade, foi possível confirmar a importância da utilização do modelo didático como complemento da aula teórica. A disposição e formação dos agrupamentos em tabelas permitiu com que os alunos visualizem de maneira mais clara os resultados obtidos, facilitando assim, o desenvolvimento do raciocínio combinatório sugerido pelo conteúdo estudado. Isso foi possível de ser observado, pelas respostas obtidas em relação à construção das Figuras 2 a 4 e Tabelas 1 a 10.

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 favoreceu aos estudantes perceberem a presença da análise combinatória 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.

Essa perspectiva adotada pelo modelo didático apresentado nas Figuras 1 a 4 e Tabelas 1 a 10, revelou que as atividades de análise combinatória podem contribuir para o desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, visto que eles precisaram pensar, raciocinar e interpretar estatisticamente e, ao final da investigação, relatar os resultados encontrados. Dessa forma, acreditamos estar contribuindo com o aprendizado dos alunos e com a disseminação da aplicação da probabilidade na genética, ao construir as Tabelas 1, 2 e 3 e relatar os resultados expostos nas Tabelas 4 a 10, em uma pesquisa que objetivou desenvolver conceitos e conteúdo de Estatística.

As formas como a situação-problema foram abordadas permitiram que fosse possível identificar várias estratégias de construção de esquemas, ilustrações e de efetuar cálculos na busca das soluções para a situação proposta. Essas estratégias nos permitiram identificar, acompanhar e intervir várias vezes no processo de aprendizagem dos alunos, favorecendo a aquisição de conceitos e tomadas de decisões associadas ao uso do raciocínio combinatório.

Como resultado da atividade podemos perceber ainda um bom desenvolvimento de rendimento e de atitudes, bem como um responsável senso para trabalhar em grupo, tendo em vista a colaboração dada de uns aos outros. Acreditamos que a resolução do problema apresentado pela Figura 1, aplicando a análise combinatória, foi a fonte de motivação à aprendizagem, pois, se apresentou como um dos pilares de uma aprendizagem significativa da genética. Assim sendo, utilizar modelos didáticos com aplicação da análise combinatória em genética, é um dos caminhos que apresenta significado e contextualização dos conceitos abordados nas duas áreas de forma interdisciplinar. Além disso, a utilização do princípio fundamental da contagem (Tabelas 1 a 10) foi uma ferramenta que favoreceu a mobilização e aquisição de conhecimentos significativos sobre arranjo, combinação e permutação, permitindo que os alunos ampliassem a sua compreensão da genética.

A aprendizagem da análise combinatória, embora exija poucos pré-requisitos, em termos de conteúdos teóricos, é um conteúdo que exige técnicas de raciocínio, que são necessários para o cálculo de probabilidades na interpretação de problemas pertinentes a genética.

De acordo com Dornelas (2004), a análise combinatória pode ser descrita como o campo da matemática que se ocupa de estudar, examinar, descrever e determinar as diferentes e possíveis classificações que podemos obter e observar de um conjunto dado e de seus elementos constitutivos. Desse modo, durante a aplicação da atividade associada ao modelo didático

(Figura 1), foram percebidos elementos essenciais nas atitudes dos alunos, como: motivação, disposição, interesse e persistência na tentativa de responder as problemáticas elencadas, bem como a análise, o entendimento e a valorização do trabalho coletivo.

Esteves (2000) afirmou que incentivar o uso da árvore de possibilidades, tabelas, diagramas ou enumerações são meios importantes a fim de sistematizar a compreensão do Princípio Fundamental da Contagem. Estes métodos são de grande importância na introdução do conteúdo da Análise Combinatória, a fim de que os alunos visualizem na íntegra as soluções dos problemas e desenvolvam o raciocínio combinatório. E segundo o mesmo autor e, também sugerido por Chevallard (1999), os problemas que envolvem a análise combinatória podem ser melhor entendidos com métodos sem a utilização de fórmulas prontas, são eles: árvore de possibilidades, tabelas, diagramas ou enumerações.

Os alunos visualizaram os dados em diversas representações. E percebeu-se que os participantes, a todo o momento, se mostravam empolgados com a atividade desenvolvida, sempre buscando participar e ajudar na construção dos modelos (Figuras 2 e 3) e Tabelas 2 a 10. Essa característica é proposta por Brasil (1997; 2012) ao salientar o desenvolvimento de atitudes e procedimentos. Entende-se que as estratégias desenvolvidas pelos alunos ajudam a manifestar seus conhecimentos estatísticos.

Segundo Cantiello e Trivelato (2002) a aprendizagem de genética no ensino médio está longe de ser satisfatória. Assim pretendeu-se levantar a necessidade de determinar a relação da genética com a probabilidade, buscando solidificar os conhecimentos nestas duas áreas, além de mostrar aos alunos que os conteúdos de genética se complementam com os da matemática.

Autores como Barbosa (2008), Moreira e Silva (2001), Castelão e Amabis (2008) colocam que o ensino e a aprendizagem na área de genética têm sido dificultados pelo alto nível de abstração desta ciência e pela falta de recursos didáticos que facilitem o mesmo, levando ao desinteresse e a desmotivação dificultando a contextualização e compreensão nos diversos temas de genética. Para aprender e ensinar genética é exigido do aluno e do professor que possuam ampla capacidade de abstrair conceitos e conhecimento de cálculos de probabilidade, além de relacionar diferentes temas de biologia, saber interpretar, retirar os dados de um problema, entre outros.

Moreira & Silva (2001) afirmaram que compreender genética implica em possuir um bom conhecimento prévio de divisão celular, noções de probabilidade e relacionar de forma adequada estes conhecimentos ao que vai sendo apresentado.

A Biomatemática é utilizada para resolver e aproximar soluções de alguns problemas da Biologia utilizando métodos e modelos matemáticos, para formular, estudar e desvendar as dificuldades biológicas. Assim, de acordo com Sampaio & Silva (2012) vem crescendo a relação dessas duas ciências de forma interdisciplinar e mostrando que a Matemática está relacionada diretamente com a Biologia.

A utilização da Matemática como uma ferramenta interdisciplinar para ensinar probabilidade aplicada na Genética é um dos desafios que os professores do ensino básico enfrentam a todo o momento (SHAUGHNESSY, 2007). Desse modo, segundo Borba (2010) o aprendizado da Combinatória pode auxiliar o aluno a desenvolver a capacidade de raciocinar logicamente, diferenciando o real do possível, o que pode influenciar diretamente no aprendizado de diversos outros conceitos matemáticos e de outras áreas do conhecimento. Isso porque na Combinatória há uma rica variedade de situações que envolvem diversos contextos e variadas propriedades e relações e que podem ser representadas e trabalhadas com auxílio de diferentes simbologias que podem levar o aluno a pensar em formas diversas de resolução de problemas, na essência do que seja um problema matemático.

Segundo Bassanezi (2006) é importante desenvolver metodologias menos alienadas, para isso a disciplina deve estar comprometida com a realidade dos alunos e mais próxima a ela, assim, para uma compreensão mais satisfatória da matemática, faz-se necessária à sua

interdisciplinaridade com outras áreas do conhecimento humano, que são disciplinas que estão mais próximas do cotidiano dos alunos, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais eficaz. Nessa direção, Medeiros, Alves e Kimura (2022) relataram que a aplicação de modelos didáticos simulando comparações de espaços amostrais das possibilidades ligados diretamente à genética, além de representar um aliado na busca pela motivação e interesse dos alunos, contribuiu para processo de ensino e aprendizagem, auxiliando no desenvolvimento da interdisciplinaridade.

Para Reis (2010), o docente tem uma função importante na transmissão e assimilação de novas informações, pois, mesmo com um grande acesso as mídias de comunicação, o professor ainda continua sendo a fonte mais utilizada pelos alunos, ele ainda ressalta que a metodologia precisa ser diferenciada para promover a construção efetiva do conhecimento. Desta forma, é imprescindível uma conexão, associação entre conteúdos teóricos e aulas experimentais mesmo que isso, muitas vezes, produza uma alteração no planejamento de aula para um determinado dia ou semana.

CONCLUSÕES

No presente estudo foi possível concluir que o modelo didático de prática investigativa como ferramenta de ensino, ilustrada pela ninhada com seis ovos de coruja, despertou a curiosidade e instigou os alunos pela busca de informações, podendo identificar e contar facilmente sessenta e quatro combinações de machos e fêmeas no diagrama de árvore de possibilidades.

Observou-se a motivação dos alunos ao trabalharem com os próprios dados coletados e, mesmo sem as fórmulas matemáticas do cálculo das combinações, encontraram um jeito de manipular esses dados para prever numericamente as possibilidades de eclosões para as sete combinações descritas em espaço amostral, identificando a probabilidade de suas ocorrências.

Essa metodologia revelou que atividades com a exploração da relação entre genética e análise combinatória, promovendo um estudo interdisciplinar entre a biologia e a matemática, podem contribuir para o desenvolvimento pessoal e cognitivo do aluno, visto que eles precisam pensar, raciocinar, interpretar e, ao final da investigação, relatar os resultados encontrados. Assim, acredita-se estar contribuindo com o aprendizado dos alunos e com a disseminação da interdisciplinaridade, ao relatar os achados em uma pesquisa que objetivou desenvolver conceitos e conteúdo de estatística no ensino de genética através do uso de modelos didáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ARAUJO, 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.

BARBOSA, M.V. Oficinas práticas de genética molecular para estudantes do ensino fundamental e médio no município de Garanhuns. In *54º Congresso Brasileiro de Genética*, p.2 Salvador, 2008. Disponível em: <http://web2.sbg.org.br/congress/sbg2008/pdfs2008/EN.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2012.

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

BATISTA, R. C; OLIVEIRA, J. E.; RODRIGUES, S. F. P. **Sequência Didática–Ponderações Teórico- Metodológicas**. Didática e Prática de Ensino no contexto político contemporâneo: cenas da Educação Brasileira. XVIII ENDIPE. 2016.

BORBA, R. O raciocínio combinatório na educação básica. In: *Anais... 10 Encontro Nacional de Educação Matemática*. Salvador - BA, 2010.

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. *Especialização em Tecnologias Aplicadas ao Ensino de Biologia*. 2. ed. Goiânia: UFG/Ciar, 2012.

CANTIELLO, A. C.; TRIVELATO, S. L. F, Dificuldades de vestibulandos em questões de genética. In: Congresso Nacional de Genética, 48.º, 2002, Águas de Lindóia. *Resumos...*, SBG – Sociedade Brasileira de Genética, 2002.

CASTELÃO, T.B.; AMABIS, J. M. Motivação e ensino de genética: um enfoque atribucional sobre a escolha da área, prática docente e aprendizagem. In: *54º Congresso Brasileiro de Genética*, p.5 Salvador, 2008.

CHEVALLARD, Y. El análisis de las prácticas docentes em la teoria antropológica de lo didáctico. *Recher chesen Didactique des Mathématiques*, Vol. 19, nº 2, p. 221-266, 1999.

CALDERANO, C. M. *et al.* Confecção e utilização de modelos didáticos como ferramenta para o ensino de citologia. In: II CONGRESSO NACIONAL DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES E XII CONGRESSO ESTADUAL PAULISTA SOBRE FORMAÇÃO DE EDUCADORES, 2., 12., 2014, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo, 2014. p. 10543-10553.

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.

DORNELLAS, A. C. B. Resolução de problemas em análise combinatória: um enfoque voltado para alunos e professores do ensino médio. SBEM: VII Encontro Nacional de Educação Matemática, Recife, 2004.

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.

ESTEVES, I. Investigando os fatores que influenciam o raciocínio combinatório em adolescentes de 14 anos – 8ª série do ensino fundamental. 2000. 203f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) Centro das Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo.

FERREIRA, A. G; RUFINO, M. A. S; SILVA, J. R. Os obstáculos epistemológicos em combinatória: um estudo com os licenciandos em matemática. In: II CONGRESO INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS E LA MATEMÁTICA, 1, 2016, Tandil –Argentina. Libro de Actas. Tandil –Argentina: NIECyT/FCE, 2016, p. 312-319.

FISHER, R. A. The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition. [S.l.]: OUP Oxford. (1930). ISBN 9780198504405.

GRIFFITHS, A. J.F; WESSLER, S. R; LEWONTIN, R. C.; CARROLL, S. B. **Introdução à Genética**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

GUILHERME, B. C. *et al.* Análise de propostas de ensino de genética através do uso de modelos didáticos. In: VI CÓLOQUIO INTERNACIONAL EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE, 6., 2012, São Cristóvão. **Anais...** Sergipe: UFS, 2012.

HERMANN, F. B.; ARAÚJO, M. C. P de. Os jogos didáticos no ensino de genética como estratégias partilhadas nos artigos da revista genética na escola. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE ENSINO DE BIOLOGIA, 6., 2013, Santo Ângelo. **Anais...** Rio Grande do Sul: EREBIOSUL, 2013.

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.

LIMA, J. P. de; CAMAROTTI, M. F. Ensino de ciências e biologia: o uso de modelos didáticos em porcelana fria para o ensino, sensibilização e prevenção das parasitoses intestinais. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2., Campina Grande, 2015. **Anais...** Paraíba: CONEDU, 2015.

LOPES, Sônia G. B. C. Genética, evolução, ecologia. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

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.

MEDEIROS, M. O.; ALVES, S. M.; KIMURA, M. T. 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. *Revista Biodiversidade* - v.21, n.2, 2022 - pág. 83 – 109.

MELO, J. F. R. **Desenvolvimento de atividades práticas experimentais no ensino de biologia:** um estudo de caso. Brasília: UnB, 2010. 75f. Dissertação (Mestrado em ensino de Ciências), 2010.

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.

MODI, W.S. & CREWS, D. Sex chromosomes and sex determination in reptiles. **Genomes and Evolution**. 15:660-665, 2005.

MOREIRA, M. C. A.; SILVA, E. P. *Concepções Prévias: uma revisão de alguns resultados sobre Genética e Evolução*. Encontro Regional de Ensino de Biologia. Niterói, 2001.504p.

PEDROSO, C. V. **Jogos didáticos no ensino de biologia: uma proposta metodológica baseada em módulo didático**. In: Congresso Nacional de Educação- EDUCERE e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia- PUCRS, 9. Curitiba, 2009. In: Anais do IX 81 Congresso Nacional de Educação- EDUCERE e III Encontro Sul Brasileiro de Psicopedagogia PUCRS. Curitiba, 2009.

PEREIRA, M. S. *et al.* Avaliação dos modelos didáticos no ensino de ciências da escola municipal Casimiro Gomes – Coronel Ezequiel/RN. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 2., Campina Grande, 2015. **Anais...** Paraíba: CONEDU, 2015.

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.

OLIVEIRA, S. S. Concepções alternativas e ensino de biologia: como utilizar estratégias diferenciadas na formação inicial de licenciados. **Educar em Revista**, v. 1, n. 26, p. 01-18, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/114281>>. Acesso em: Maio, 2022.

REIS, Taina et al. **O Ensino de Genética e a Atuação da Mídia**, Instituto Federal do Piauí, Campus Floriano. 2010.

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.

SCHARTL, M. Sex chromosome Evolution in non-mammalian vertebrates. **Genomes and Evolution**. 14:634-641, 2004.

SINUSTAD, Peter. D; SIMMONS, Michel. J. Fundamentos de Genética. 6 ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2013.

SUZUKI, D.T., GRIFFITHS, A. J. F., MILLER, J. H. Introdução à Genética. 7ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002, 633p.