



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS**



Lorena Carolina Pereira

**PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO ADAPTADO SOBRE
INTERAÇÕES ALÉLICAS PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA
VISUAL**

**Ouro Preto
2024**

Lorena Carolina Pereira

**PROPOSTA DE MATERIAL DIDÁTICO ADAPTADO SOBRE
INTERAÇÕES ALÉLICAS PARA ESTUDANTES COM DEFICIÊNCIA
VISUAL**

Trabalho de Conclusão de Curso, de Ciências Biológicas Licenciatura da Universidade Federal de Ouro Preto, elaborado como requisito final para obtenção do título de Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientadora: Prof.^a Dr^a Patrícia de Abreu Moreira

Coorientadora: Prof.^a Dr^a Sandra de Oliveira Franco Patrocínio

Ouro Preto

2024

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

P436p Pereira, Lorena Carolina.
Proposta de material didático adaptado sobre as interações alélicas para estudantes com deficiência visual. [manuscrito] / Lorena Carolina Pereira. - 2024.
40 f.: il.: color..

Orientadora: Profa. Dra. Patrícia de Abreu Moreira.
Coorientadora: Profa. Dra. Sandra de Oliveira Franco Patrocínio.
Monografia (Licenciatura). Universidade Federal de Ouro Preto.
Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas .

1. Deficiência Visual. 2. Modelos táteis. 3. Audiodescrições. 4. Audioaulas. 5. Educação inclusiva. I. Moreira, Patrícia de Abreu. II. Patrocínio, Sandra de Oliveira Franco. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 615.851.4

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



FOLHA DE APROVAÇÃO

Lorena Carolina Pereira

Proposta de material didático adaptado sobre as interações alélicas para estudantes com deficiência visual

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Licenciada em Biologia

Aprovada em 24 de Julho de 2024

Membros da banca

Doutora Patrícia de Abreu Moreira - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutora Sandra de Oliveira Franco Patrocínio - Coorientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutora Cristina de Oliveira Maia (Universidade Federal de Ouro Preto)
Doutor Fábio Augusto Rodrigues e Silva (Universidade Federal de Ouro Preto)

Patrícia de Abreu Moreira, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 01/08/2024



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia de Abreu Moreira, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/08/2024, às 11:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0750566** e o código CRC **826684B1**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de expressar minha imensa gratidão à minha orientadora, Patrícia, e à minha coorientadora, Sandra, por toda a orientação e suporte durante a elaboração deste trabalho. Sou profundamente grata pela paciência e pelo apoio constante que ambas ofereceram ao longo de todo o desenvolvimento deste TCC. Suas sugestões e críticas construtivas foram essenciais para a realização deste trabalho. Além disso, gostaria de manifestar minha profunda admiração por essas profissionais excepcionais.

Agradeço aos meus pais, Dalva e Pereira, que sempre demonstraram todo apoio e se dedicaram ao máximo para que eu pudesse chegar até aqui e que, principalmente, nunca deixaram faltar amor em minha vida. À minha mãe, que sempre fez de tudo para que eu mantivesse interesse na educação e que me motiva a seguir e conquistar tudo que eu possa sonhar. Ao meu pai, que me aconselhou, me acalmou e que me deu todo suporte necessário nesse processo.

Aos meus irmãos, Gabi e Diêgo, que sempre apoiaram e estiveram dispostos a me ajudar com o que fosse preciso. Admiro imensamente as pessoas que eles se tornaram e os tenho como exemplo de responsabilidade e caráter.

À minha família, em especial à minha avó Maria e à minha tia Kelly, pelo constante incentivo e amor.

Aos meus amigos, que sempre me apoiaram, incentivaram, aconselharam e que foram companheiros durante todo esse tempo. Vocês deixaram os meus dias mais leves e me proporcionaram inúmeros momentos de descontração, essenciais para aliviar os momentos de nervosismo e ansiedade.

Agradeço ainda, à minha namorada Ana, que esteve ao meu lado diariamente, especialmente nos momentos difíceis de insegurança. Sua presença constante, incentivo e apoio foram fundamentais, sempre me assegurando que tudo daria certo no final. Sou imensamente grata pela paciência e por ter me apoiado em cada etapa deste trabalho, desde a leitura até os ensaios para a apresentação.

Por fim, agradeço a todos os colegas e professores que contribuíram para a realização deste trabalho. A todos que colaboraram, direta ou indiretamente, o meu sincero obrigado.

RESUMO

O ensino tradicional é caracterizado principalmente por aulas expositivas, poucas atividades práticas e sem o uso de recursos didáticos alternativos tem se mostrando um desafio no processo de ensino e aprendizagem para Estudantes com Deficiência Visual (EcDV). Além disso, o alto grau de complexidade e abstrações nos conteúdos da Genética e ainda o uso recorrente de imagens enquanto estratégia didática para a explicação dos conceitos aumentam esses obstáculos para a adequada aprendizagem da Genética por esses estudantes. Em resposta a isso, este trabalho teve como objetivo produzir materiais didáticos adaptados para o estudo das Interações Alélicas por EcDV. Foram produzidos três modelos didáticos táteis para representar as interações alélicas de Dominância Completa, Dominância Incompleta e Codominância. Para acompanhar os modelos táteis foram elaboradas três audiodescrições e quatro audioaulas, com a finalidade de fornecer uma explicação detalhada e sequencial dos conceitos, bem como guiar os estudantes na exploração dos modelos. A utilização dos modelos didáticos táteis em conjunto das audiodescrições e audioaulas pode proporcionar um maior desenvolvimento de raciocínio e a interatividade entre os alunos e alunas em sala de aula. Como os modelos táteis foram desenvolvidos de forma que possam ser utilizados ainda por pessoas normovisuais, portanto eles também representam uma ferramenta didática capaz de proporcionar inclusão e interação entre as diferentes pessoas. Além disso, possibilitam o acesso e a inclusão de EcDV aos conteúdos educacionais presentes no cotidiano das escolas. Sendo assim, com este trabalho, pretendeu-se disponibilizar recursos didáticos acessíveis que pudessem facilitar o processo de ensino e aprendizagem das interações alélicas, visando a promoção da educação inclusiva, equitativa e de qualidade.

Palavras-chave: Deficiência Visual; Modelos táteis; Audiodescrições; Audioaulas; Educação inclusiva.

ABSTRACT

Traditional teaching, characterized mainly by expository lectures, few practical activities, and a lack of alternative didactic resources, has proven to be a challenge in the teaching and learning process for Students with Visual Impairment (SVI). Additionally, the high level of complexity and abstractions in Genetics content, along with the recurrent use of images as a teaching strategy to explain concepts, increase these obstacles for the proper learning of Genetics by these students. In response to this, this work aimed to produce adapted didactic materials for the study of Allelic Interactions by SVI. Three tactile didactic models were produced to represent the allelic interactions of Complete Dominance, Incomplete Dominance, and Codominance. To accompany the tactile models, three audio descriptions and four audio lectures were developed to provide a detailed and sequential explanation of the concepts, as well as to guide students in exploring the models. The use of tactile didactic models in conjunction with audio descriptions and audio lectures can foster greater reasoning development and interactivity among students in the classroom. Since the tactile models were developed in a way that they can still be used by sighted individuals, they also represent a didactic tool capable of providing inclusion and interaction among different people. Furthermore, they enable access and inclusion of SVI to educational content present in the daily lives of schools. Therefore, with this work, it was intended to provide accessible didactic resources that could facilitate the teaching and learning process of allelic interactions, aiming to promote inclusive, equitable, and quality education.

Key-words: Visual Impairment; Tactile Models; Audio Descriptions; Audio Lectures; Inclusive Education.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1.** Modelos táteis representando os fenótipos de sementes de ervilhas lisa e rugosa para estudo da interação alélica do tipo Dominância Completa.....22
- FIGURA 2.** Modelos táteis representando os fenótipos possíveis para o formato da raiz de rabanete, as quais podem ser alongadas, ovais ou esféricas, para estudo da interação alélica do tipo Dominância Incompleta.....23
- FIGURA 3.** Modelos táteis representando os fenótipos possíveis para o sistema MN encontrado em sangue de humanos. Da esquerda pra direita temos a representação de uma hemácia contendo apenas antígenos M em sua superfície, no centro da imagem temos a representação de uma hemácia contendo apenas antígenos N e, à direita da imagem, temos a representação de uma hemácia contendo antígenos M e N em sua superfície.....24
- FIGURA 4.** Caixa de armazenamento do modelo tátil com a correta identificação do tipo de interação alélica de Codominância em Braille.....24

LISTA DE ABREVIATURAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EcDV	Estudantes com Deficiência Visual
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
PAEE	Público-Alvo da Educação Especial
PcD	Pessoas com Deficiência
PNE	Plano Nacional de Educação
PNS	Pesquisa Nacional de Saúde

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.2 Objetivo Específico	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Educação Especial e Deficiência Visual	14
3.2 Interações Alélicas e os desafios para o ensino deste conteúdo	16
3.3 O uso de modelos no processo de ensino e aprendizagem	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Confeção dos materiais adaptados	19
4.2 Confeção da Audiodescrição e Audioaula.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28
8. ANEXOS	33
8.1 Anexo 1 – Roteiro das Audiodescrições dos Modelos	33
8.2 Anexo 2 – Roteiro das Audioaulas sobre Interações Alélicas	34

1. INTRODUÇÃO

O método tradicional de ensino é desenvolvido predominantemente por aulas expositivas, poucas atividades práticas e sem o uso de recursos didáticos alternativos, e tem sido um obstáculo no processo de ensino e aprendizagem nas escolas para alguns estudantes (Pereira, 2019). Tal metodologia pode dificultar a aprendizagem, visto que não há uma participação ativa dos estudantes neste processo.

O método tradicional se tornou uma barreira também no ensino da Biologia, uma vez que se trata de uma disciplina com um determinado grau de complexidade de termos e abstrações apresentados em certos conteúdos, dificultando a compreensão dos estudantes sobre as diferentes estruturas e processos descritos (Aguilar, 2020).

O ensino da Biologia implica ainda na contextualização e problematização dos conteúdos abordados (Rezende; Gomes, 2018), evidenciando assim a necessidade de mudanças no processo de ensino e aprendizagem, com o intuito de formar cidadãos e cidadãs com atitudes investigativas e críticas. Ademais, a Biologia é uma disciplina que recorre frequentemente às imagens como estratégia didática (Araújo *et al.*, 2021), o que dificulta, ou até mesmo impede, a participação efetiva de Estudantes com Deficiência Visual (EcDV) nas aulas.

Dentre os diversos conteúdos considerados abstratos dentro da Biologia, destaca-se a Genética, em que os temas abordados são considerados de difícil compreensão pelos estudantes em função da sua complexidade (Araújo *et al.*, 2016). A Genética é uma área do conhecimento biológico em que se estuda a hereditariedade e a transmissão de genes, compartilhados ao longo das gerações (Aguilar, 2020) e está presente no currículo para o ensino básico.

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), o ensino desse conteúdo é encontrado na competência específica 2, do tópico Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, na qual devem ser mobilizados conhecimentos conceituais relacionados à reprodução e hereditariedade e genética mendeliana (Brasil, 2018).

Entre os tópicos abordados na Genética do Ensino Médio concentra-se, neste trabalho, o estudo das Interações Alélicas, que se define pelos diferentes tipos de interação entre um par de alelos de um gene em um genótipo heterozigoto (Griffiths

et al., 2022). O estudo das Interações Alélicas se mostra um tema de difícil compreensão, uma vez que:

A compreensão dos diferentes tipos de interações alélicas tem sido difícil para muitos estudantes, pois, erroneamente, eles tentam associar todas as características herdáveis com os conceitos de dominância e recessividade, aprendidos a partir do exemplo clássico das ervilhas de Mendel, sem entenderem que não são todas as características que seguem esse tipo de interação alélica (dominância completa). Assim sendo, é preciso considerar que compreender as diferenças existentes entre os diferentes tipos de interações alélicas pode não ser uma tarefa fácil para alguns alunos (Santos Filho *et al.*, 2021, p. 260)

O ensino da Genética e, especificamente, das Interações Alélicas para EcDV se torna um desafio ainda maior em virtude de os professores e professoras, em sua maioria, não terem tido formação inicial para trabalhar com este público, em específico (Oliveira, 2018). Ainda, pode-se destacar as dificuldades enfrentadas pelas escolas, seja na formação de professores, professoras e equipe pedagógica, seja por falta de adaptações arquitetônicas, pela falta de materiais pedagógicos específicos para atendimento deste público ou, ainda, pelos desafios do ensino tradicional para o Ensino de Genética (Queiroz, 2021).

Historicamente tem sido um obstáculo incluir pessoas com deficiência (PcD) no âmbito social (Moura, 2022). Ao contrário do que muitos entendem como conceito de inclusão, trata-se, de fato, da valorização das diferenças e da equidade de ensino para esses estudantes público-alvo da educação especial (PAEE) e não apenas a introdução das PcD no espaço físico, a igualdade e uniformização dessas pessoas nos ambientes de ensino (Santos; Paulino, 2006).

Nesse sentido, a criação de políticas públicas que asseguram o acesso à educação para estudantes que necessitam da Educação Especial se fez necessária, instituída pelo Artigo 205 da Constituição Federal (1988), que afirma que “a educação, direito de todos e dever do Estado e da família, será promovida e incentivada com a colaboração da sociedade, visando ao pleno desenvolvimento da pessoa, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho” (Brasil, 1988).

A Educação Especial é entendida, segundo o Artigo 58 da Lei nº 9.394 de 1996, que estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, como uma modalidade de educação escolar oferecida, preferivelmente na rede regular de ensino, para estudantes com transtornos globais do desenvolvimento (transtorno do espectro

autista), altas habilidades ou superdotação e para estudantes com deficiência (Brasil, 1996).

No Brasil, no ano de 2023, foram matriculados 94.188 EcDV nas escolas da educação básica, de acordo com o Censo Escolar de 2023, realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP, 2024). Portanto, pode-se perceber a importância de que a escola garanta, além do acesso e permanência do EcDV nas classes regulares de ensino, o direito à aprendizagem de qualidade para esses estudantes da mesma forma que assegura aos demais (Queiroz, 2021).

Perante o exposto, se faz necessário que a escola possua metodologias e recursos didáticos alternativos para que os EcDV possam participar plenamente das aulas e consigam compreender os conteúdos ministrados. Assim, a utilização de modelos didáticos surge como uma opção para o ensino da Genética, sendo uma proposta metodológica promissora para melhorar a qualidade do ensino e favorecer a aprendizagem dos conteúdos abordados nas aulas. Para Antunes e Sabóia-Morais (2010):

Quando o professor escolhe os modelos didáticos como ferramenta pedagógica, ele tem a possibilidade de trabalhar o raciocínio e a interatividade entre os alunos, possibilitando que eles exercitem a mente de uma forma lúdica e assimilem novos conhecimentos, além disso, se aliado a outras práticas pedagógicas pode ser também um grande instrumento da educação inclusiva, no ensino de pessoas com qualquer tipo de necessidade (Antunes e Sabóia-Morais, 2010).

Os modelos didáticos acompanhados de sua audiodescrição são elementos mediadores para a sua compreensão pelos EcDV, uma vez que:

A audiodescrição não é uma simples descrição completa ou aleatória da imagem, mas a tradução visual de elementos que, sendo apresentados ao usuário, propiciarão uma representação mental precisa, objetiva e vívida do que está sendo visto no evento imagético (Ribeiro; Lima, 2012, p. 04).

Além do material tátil e sua audiodescrição, o uso de audioaulas pode proporcionar uma melhora no processo de ensino e aprendizagem dos EcDV, uma vez que é a partir de mensagens verbais, táteis e cinestésicas que esses estudantes interagem e assimilam o mundo físico, constroem suas percepções elementares e formam as imagens sobre os fenômenos da natureza (Bruno, 2006). Logo, o uso de metodologias alternativas para complementar o conteúdo teórico, pode favorecer o processo de ensino e aprendizagem. A utilização de materiais e de estratégias

diferenciadas não garantem a aprendizagem, contudo possibilita aulas mais participativas, interessantes e menos excludentes (Silva, 2022).

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo elaborar modelos didáticos com sua audiodescrição e audioaula sobre o tema “Interações Alélicas” considerando o processo de ensino e aprendizagem de EcDV. Os materiais didáticos adaptados elaborados visam não apenas os EcDV como público, procurou-se elaborar materiais que possam ser utilizados efetivamente, tanto por EcDV, quanto por estudantes normovisuais. A partir disso, tem-se como objetivo proporcionar a inclusão de todos alunos e alunas, independente das suas habilidades visuais, tendo acesso equitativo ao conteúdo abordado, promovendo uma experiência educativa inclusiva no ambiente escolar.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Produzir materiais didáticos adaptados para o estudo de interações alélicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Confeccionar modelos didáticos táteis sobre as interações alélicas de Dominância Completa, Dominância Incompleta e Codominância;
- Produzir a audiodescrição de cada modelo;
- Elaborar audioaulas sobre o tema interações alélicas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Deficiência Visual a Educação Especial e Inclusiva no Brasil

A Deficiência Visual está relacionada a uma condição que compromete de algum modo a capacidade de uma pessoa enxergar e pode ser dividida em duas diferentes condições: a baixa visão e a cegueira (Queiroz, 2021). A baixa visão se caracteriza pela alteração da capacidade funcional da visão, a qual prejudica ou restringe o desempenho visual de uma pessoa (Queiroz, 2021). Por outro lado, a cegueira é caracterizada pela ausência total ou perda significativa da visão, alterando gravemente a capacidade funcional da visão. Sendo considerada então uma pessoa

cega, aquela que entende e apreende o mundo por meio de mensagens verbais, táteis e cinestésicas (Silva, 2022).

Em 2023, foram matriculados cerca de 86.867 estudantes com baixa visão e 7.321 estudantes cegos nas redes estaduais e municipais de ensino (INEP, 2024), isso evidencia a necessidade da instituição de políticas públicas que assegurem o direito a educação tanto para esses EcDV quanto para todos, sem discriminação, como prevê a Constituição Federal de 1988.

É neste contexto que a Educação Especial se enquadra, uma vez que, no Brasil, essa modalidade de ensino visa garantir o acesso e a permanência na escola de PcD, estudantes com transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação (Brasil, 1996). Portanto, assegurando o que é previsto no Artigo 58 da lei nº 9.394 de 1996 que estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional, promovendo a inclusão e participação dos EcDV na sociedade, para garantir o pleno desenvolvimento acadêmico, social e emocional desses alunos e alunas.

Para além da Constituição Federal de 1988 e a Lei nº 12.796/2013, o acesso e permanência dos EcDV nas escolas da rede regular de ensino, por meio da Educação Especial, são estabelecidos também pelo Plano Nacional de Educação (PNE) 2014-2024, em que são determinadas estratégias e metas para promover a inclusão de estudantes PAEE na educação básica e superior (Brasil, 2014). Evidenciando então, na Meta 4 do PNE em questão, que é pretendido:

Universalizar, para a população de 4 (quatro) a 17 (dezessete) anos com deficiência, transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades ou superdotação, o acesso à educação básica e ao atendimento educacional especializado, preferencialmente na rede regular de ensino, com a garantia de sistema educacional inclusivo, de salas de recursos multifuncionais, classes, escolas ou serviços especializados, públicos ou conveniados. (Brasil, 2014)

Entretanto, apesar da elaboração das políticas públicas educacionais previstas pela Educação Especial no Brasil, são apresentados ainda grandes desafios na atualidade, sendo eles: a falta de adaptações arquitetônicas nas Escolas, a falta de preparo dos profissionais da educação para receber este público e falta de materiais didáticos adaptados para a inclusão dos EcDV no ambiente escolar. Desta maneira, o acesso e permanência dos EcDV nas escolas da rede regular de ensino enfrenta diversas barreiras, uma vez que o sistema educacional brasileiro enfrenta uma

significativa escassez de recursos didáticos, estruturais, materiais e humanos (Silva, 2022).

Em suma, espera-se que esse desafio seja superado e a educação inclusiva seja alcançada, por meio do desenvolvimento e divulgação de práticas educativas inclusivas, a capacitação e preparação dos professores, professoras e profissionais da educação e por fim o desenvolvimento e divulgação de recursos didáticos multissensoriais, tais como o proposto nessa pesquisa (Silva, 2022).

3.2 Interações Alélicas e os desafios para o ensino deste conteúdo

Grandes contribuições para o estudo da hereditariedade foram resultados dos estudos de Gregor Mendel, um monge austríaco do século XIX, por meio de experimentos com ervilhas da espécie *Pisum sativum* (Mansour; Trevisan; Dagnino, 2020). A partir das pesquisas feitas por Mendel foi possível desenvolver os princípios básicos da hereditariedade, denominadas Leis de Mendel, sendo elas: a 1ª Lei de Mendel ou Lei da segregação; e a 2ª Lei de Mendel ou Lei da da segregação independente (Pierce, 2016).

A Lei da segregação afirma que os alelos existem em pares e se segregam durante a formação de células reprodutivas, sendo que cada genitor contribui com um alelo para a descendência (Mansour; Trevisan; Dagnino, 2020). Para atestar tal afirmativa, Mendel estudou os cruzamentos monohíbridos, por meio de um experimento utilizando sementes de ervilhas.

Neste experimento, Mendel cruzou diferentes linhagens que eram diferentes para uma determinada característica. Uma das características observadas por Mendel foi a textura das sementes de ervilha, podendo ser de fenótipo liso ou rugoso. Ele então realizou cruzamentos entre ervilhas com sementes lisas até que se tivesse certeza que todas as gerações seguintes, fossem de ervilhas com sementes lisas. O mesmo foi feito em relação às ervilhas de sementes rugosas, cruzando, plantas com sementes rugosas entre si até que se tivesse certeza que todas as gerações seguintes fossem de ervilhas com sementes rugosas (Pierce, 2016).

Com isso Mendel, mesmo sem saber, estava obtendo genótipos homozigotos para as duas variantes da textura das ervilhas, sendo as sementes lisas representadas genotipicamente por “SS” e as rugosas representadas por “ss” (Pierce, 2016).

Após se obter os genótipos homozigotos para plantas com sementes lisas e para sementes rugosas, Mendel fez outros cruzamentos, só que desta vez cruzando as linhagens homozigotas de planta semente lisa com as de sementes rugosas e o resultado desse cruzamento foi denominado com Geração Filial 1, também chamada de geração F1, em que todas as sementes possuíam o fenótipo liso (Snustad; Simmons, 2017).

Posteriormente, Mendel cruzou as plantas de sementes lisas da geração F1 entre si, resultando na Geração Filial 2, ou ainda F2, na qual se observavam sementes de ambos os fenótipos, ou seja, sementes lisas e sementes rugosas. Mendel percebeu, em todos os cruzamentos entre as gerações F1, que existia um padrão fenotípico de proporções 3:1, em outras palavras, a cada quatro sementes de ervilhas formadas três eram lisas e apenas uma era rugosa. (Snustad; Simmons, 2017).

Como resultado deste experimento, foi possível observar que a geração F1 de sementes lisas é composta por sementes com o genótipo heterozigoto “Ss” e postulou-se os conceitos de dominância e de recessividade, uma vez que foi possível observar que o fenótipo semente lisa, domina o fenótipo semente rugosa. Tudo isso a partir do pressuposto que há uma separação de alelos na formação dos gametas e que quando um par de alelos heterozigotos interagem, há a expressão completa de um único alelo, sendo nomeado como alelo dominante, ao mesmo tempo que o outro alelo não é expresso, sendo denominado como alelo recessivo (Pierce, 2016).

Essa Interação Alélica descrita por Mendel em seus experimentos com ervilhas, é chamada de Dominância Completa. Neste caso, o fenótipo dominante será observado tanto em homozigose dominante, quanto em heterozigose, uma vez que o fenótipo dominante é expresso, suprimindo o fenótipo recessivo (Snustad; Simmons, 2017).

As características estudadas por Mendel em seus experimentos, entretanto, não abrangeram exemplos de todos os tipos de interações alélicas existentes (Mansour; Trevisan; Dagnino, 2020). Como no caso da Dominância Incompleta, que ocorre quando o heterozigoto possui um fenótipo intermediário entre os fenótipos dos dois homozigotos (Pierce, 2016). Um exemplo deste tipo de interação, é o formato da raiz do rabanete, que quando em homozigose pode apresentar os fenótipos raiz longa (AA) e raiz esférica (aa) e quando em heterozigose apresenta o fenótipo raiz oval (Aa)

(Ramalho; Santos; Pinto, 2008). Nesta interação alélica um total de três fenótipos são possíveis, um para cada genótipo formado.

Outro caso que se diferencia dos padrões de Dominância Completa é a Codominância, que ocorre quando ambos os fenótipos homozigotos são expressos no fenótipo do heterozigoto, simultaneamente. Um exemplo desta interação é o sistema MN, que é um sistema do grupo sanguíneo que se fundamenta na detecção da existência ou falta de antígenos específicos na superfície das células vermelhas do sangue (Pierce, 2016). Neste sistema os homozigotos do tipo sanguíneo M ($L^M L^M$) expressam o antígeno M nas hemácias; os homozigotos do tipo sanguíneo N ($L^N L^N$) expressam o antígeno N nas hemácias; e os heterozigotos manifestam a Codominância, com o tipo sanguíneo MN ($L^M L^N$), expressando os antígenos M e N ao mesmo tempo em suas hemácias (Snustad; Simmons, 2017).

Diante da complexidade deste conteúdo, o ensino inclusivo das Interações Alélicas enfrenta alguns desafios nas redes regulares de ensino. Primeiramente, pode-se destacar que o entendimento dos diversos tipos de interações alélicas pode ser dificultado ao se associar todas as características herdáveis aos padrões da Dominância Completa, aprendidos no exemplo das ervilhas de Mendel, sendo assim, atribuindo a todas as características herdáveis um fenótipo completamente dominante sobre outro (Santos Filho *et al*, 2021). Além disso, outra barreira enfrentada para um ensino mais inclusivo deste conteúdo é a utilização predominantemente de imagens como estratégia didática para exemplificar os tipos de interações alélicas. Neste caso, a falta de materiais didáticos adaptados alternativos pode provocar a exclusão de EcDV da compreensão do conteúdo (Rocha; Silva, 2016).

3.3 O uso de modelos didáticos no processo de ensino e aprendizagem de Genética para EcDV

O uso de modelos didáticos tem se mostrado uma metodologia alternativa promissora para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem, especialmente de conteúdos mais complexos e abstratos. A utilização desta metodologia facilita a visualização dos conteúdos abordados, aproximando-os com os conceitos científicos (Medeiros; Alves; Kimura & Souza, 2021).

No ensino da Genética, a utilização de modelos didáticos, pode contribuir significativamente para a compreensão dos conteúdos abordados nessa área do

conhecimento biológico, uma vez que se aborda conteúdos abstratos, considerados complexos e de difícil compreensão (Araújo *et al.*, 2016). Diante disso, o uso dos modelos didáticos pode permitir a interatividade dos estudantes e a visualização dos conceitos abordados nas aulas de Genética, diminuindo o nível de abstração (Pereira, 2019).

No ensino da Biologia, inclusive no ensino dos conteúdos da Genética, frequentemente são utilizadas imagens como estratégia pedagógica para o processo de ensino e aprendizagem desta disciplina (Pereira, 2019). Tal estratégia pode dificultar ou até mesmo impedir a aprendizagem dos conceitos científicos por EcDV e os modelos didáticos táteis são uma alternativa pedagógica para a problemática, podendo oferecer uma maior oportunidade de construção de conhecimento para todos os estudantes (Rezende; Gomes, 2018). Portanto, o uso dos modelos didáticos táteis desempenha um importante papel para o processo de ensino e aprendizagem da genética, especialmente para EcDV, uma vez que possibilita favorecer a compreensão de conceitos abstratos e de difícil compreensão, tornando-os em conceitos mais concretos e acessíveis (Justina, Ferla, 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Confecção dos modelos táteis

Foram produzidos três modelos didáticos e três caixas para armazenar cada modelo, com materiais de baixo custo, sendo eles: 2 esferas de isopor 7cm, 3 esferas de isopor 8cm, 500g de massa para *biscuit*, três potes de 37 ml de tintas fosca para artesanato nas cores verde, vermelha e branca, isqueiro, 15 alfinetes de mapa tipo taça, 15 alfinetes de mapa redondos, três caixas quadradas de papel Kraft de 18x18x8,5 cm, papel A4 gramatura 120g/m² maior e reglete. Os modelos desenvolvidos serão utilizados para a compreensão das diferentes interações alélicas e serão associados a uma audiodescrição e audioaula de cada modelo/interação.

O modelo elaborado para a representação da interação alélica do tipo Dominância Completa foi produzido por meio do uso de duas esferas de isopor 7cm, tinta verde e isqueiro. A primeira esfera de isopor foi pintada com a tinta verde e representa o fenótipo dominante da ervilha, sendo este o fenótipo da semente lisa que se apresenta tanto em homocigose dominante ou heterocigose. Na segunda esfera de isopor foi utilizado um isqueiro para queimar levemente a superfície para que ela

fique com um aspecto rugoso e, em seguida, ela foi pintada de verde, representando a recessividade da ervilha com textura rugosa em homozigose recessiva. Após pintados, os modelos foram deixados para secar durante 24 horas.

Para a representação da interação alélica de Dominância Incompleta foi utilizado massa para *biscuit* e as tintas vermelha e branca. Os modelos foram construídos a partir da moldagem da massa para *biscuit* no formato alongado, esférico e oval, representando a diversidade de formas da raiz de rabanetes. Com os modelos moldados foi preciso esperar cerca de 72 horas para que os modelos secassem completamente. Após secos, os modelos foram pintados, sendo o modelo esférico, que representa o genótipo em homozigose dominante, pintado de vermelho; o oval, que representa o genótipo em heterozigose, pintado de rosa claro, por meio da mesma mistura de cores (tendo como proporção 1:1 de tintas vermelha e branca); e, o modelo longo, que representa o genótipo em homozigose recessiva, não foi pintado, permanecendo com a coloração branca. Em seguida, os modelos foram deixados para secar durante 24 horas.

Por último, representando a interação alélica de Codominância, foram utilizadas 3 esferas de isopor 8cm, tinta acrílica vermelha, alfinetes de mapa tipo taça e alfinetes de mapa redondos. Inicialmente foram pintadas as esferas de vermelho e aguardou-se 24 horas para que pudessem secar. Com as esferas secas, foram colocados os alfinetes nas superfícies das esferas. Na primeira esfera, representando o tipo sanguíneo M, em homozigose ($L^M L^M$), foram colocados 10 alfinetes de mapa tipo taça; na segunda esfera, representando o tipo sanguíneo ($L^N L^N$), foram colocados 10 alfinetes de mapa redondos; e na terceira esfera, representando o tipo sanguíneo MN, em heterozigose ($L^M L^N$), foram colocados 5 alfinetes de mapa do tipo taça e 5 alfinetes de mapa redondos.

Para além dos modelos didáticos táteis, foram produzidas também caixas devidamente identificadas para o armazenamento dos modelos construídos para cada tipo de interação alélica com o objetivo de proporcionar mais autonomia aos EcDV. Para isto, foram utilizadas três caixas de 18x18x8,5 cm de dimensões, três pedaços de papel com uma gramatura maior, reglete e cola. Foram escritos em Braille, por meio da utilização do reglete, em cada pedaço de papel de gramatura maior as seguintes identificações: Dominância Completa, Dominância Incompleta e

Codominância. Em seguida, foi colado em cada caixa as identificações específicas. Por fim os modelos foram guardados em suas respectivas caixas.

4.2 Confeção das Audiodescrições e Audioaulas

As audiodescrições e audioaulas sobre o tema abordado foram produzidas a partir da gravação de áudios, seguindo roteiros pré-estabelecidos. Estes roteiros foram elaborados com propósito de criar materiais de qualidade e acessíveis, que auxiliasse no processo de aprendizagem de EcDV sobre o conteúdo de Interações Alélicas.

As audiodescrições foram desenvolvidas para descrever detalhadamente as características visuais dos modelos didáticos táteis confeccionados, visando a compreensão desses materiais pelos EcDV. Além disso, a elaboração e gravação do roteiro das audioaulas foram planejadas para serem facilmente compreendidas, com linguagem objetiva e acessível, possibilitando que os conteúdos sejam acompanhados e entendidos pelos estudantes.

Para a gravação do material foi utilizado um aplicativo denominado “Gravador de Voz”, compatível com celulares que operam sob os sistemas Android ou iOS. Após a gravação das audiodescrições e audioaulas, os áudios foram postados no Google Drive, uma plataforma amplamente acessível e de fácil navegação. Por fim, foram gerados links específicos para cada material postado, com o objetivo de ampliar a acessibilidade e facilitar o acesso dos estudantes aos conteúdos disponibilizados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Três modelos didáticos táteis foram desenvolvidos para a representação das interações alélicas de Dominância Completa, Dominância Incompleta e Codominância. Para além dos modelos didáticos táteis produzidos, foram produzidos quatro audioaulas e três audiodescrições para acompanhar os modelos táteis, com a finalidade de fornecer uma explicação detalhada e sequencial dos conceitos e guiar os estudantes na exploração dos modelos.

Modelos Didáticos Táteis

O modelo que representa a interação alélica de Dominância Completa é composto por duas esferas de isopor pintadas de verde. Uma das esferas teve a sua

superfície levemente queimada com o auxílio de um isqueiro para que ficasse com a textura rugosa e a outra esfera de isopor não, para que fosse mantido a textura lisa do isopor pintado. As esferas foram utilizadas para representar de maneira tátil a textura das sementes de ervilhas, podendo ser lisa, quando em homozigose dominante e heterozigose ou rugosa em homozigose recessiva. As texturas distintas das ervilhas são ainda identificáveis pela visão, de forma que o material possa ser também utilizado por estudantes normovisuais, permitindo ainda uma interação com todas as pessoas em sala de aula.



FIGURA 1. Modelos táteis representando os fenótipos de sementes de ervilhas lisa e rugosa para estudo da interação alélica do tipo Dominância Completa. Fonte: elaborada pela própria autora.

O segundo modelo é formado por três peças em *biscuit* e representa a interação de Dominância Incompleta. Ele é composto por uma esfera de *biscuit* pintada de vermelho, uma peça de *biscuit* no formato oval pintada de rosa claro e uma peça de *biscuit* com formato alongado na cor branca.

Essas peças foram utilizadas para representar o formato da raiz do rabanete. O fenótipo da raiz do rabanete pode variar, sendo esférico (quando em homozigose recessiva, com o genótipo “aa”), alongado (quando em homozigose dominante, com o genótipo “AA”) ou oval (quando em heterozigose, com genótipo Aa).

Normalmente, encontramos a interação alélica do tipo Dominância Incompleta sendo representada em livros didáticos de Genética pela coloração das flores do gênero *Antirrhinum*, popularmente conhecida como boca-de-leão. Neste caso, a flor de genótipo homozigoto dominante possui um fenótipo vermelho, a flor de genótipo

homozigoto recessivo possui coloração branca e, finalmente, a flor contendo o genótipo heterozigoto possui um fenótipo intermediário aos homozigotos, manifestando uma coloração rosa. Dessa forma, as raízes dos rabanetes foram também pintadas com a mesma lógica para que os modelos pudessem ser utilizados ainda por estudantes normovisuais, promovendo, mais uma vez, a participação de todas as pessoas em sala de aula.

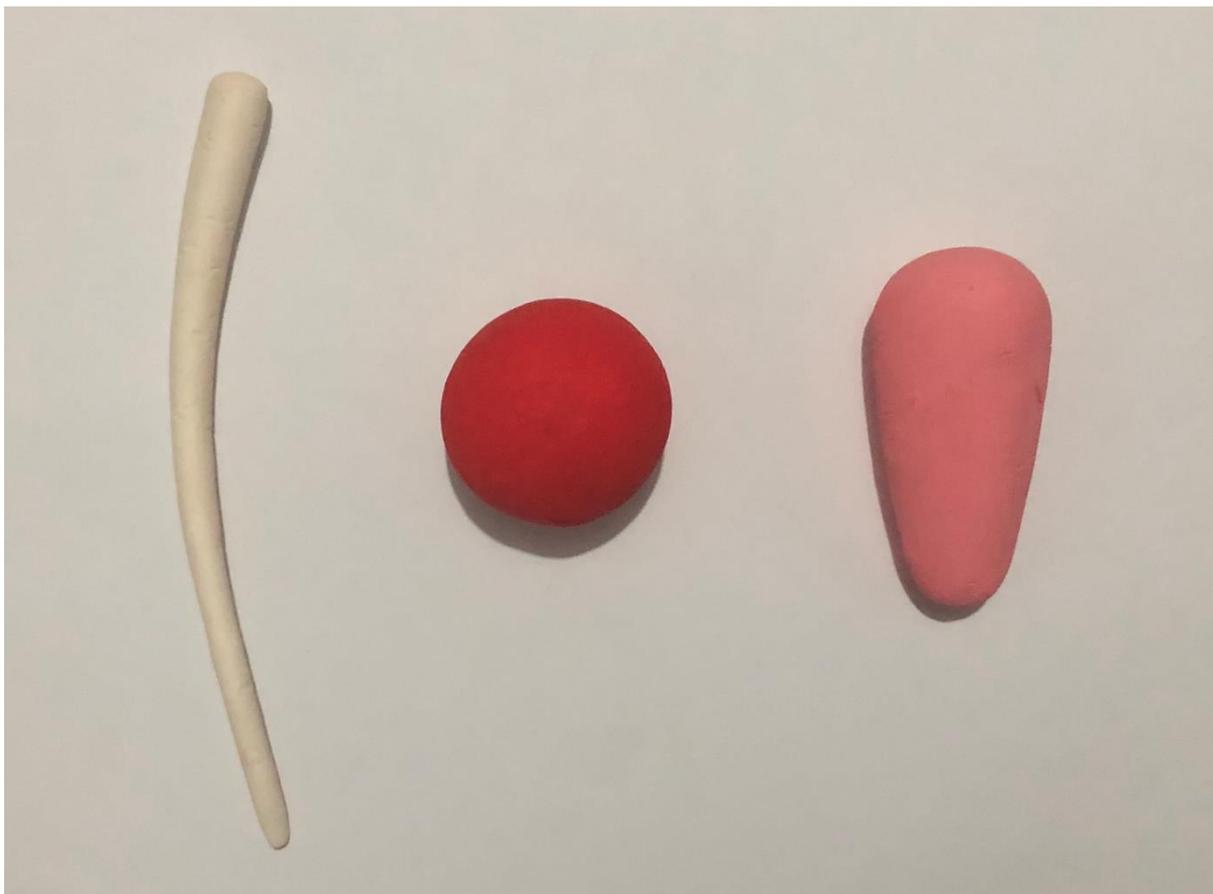


FIGURA 2. Modelos táteis representando os fenótipos possíveis para o formato da raiz de rabanete, as quais podem ser alongadas, esféricas ou ovais, para estudo da interação alélica do tipo Dominância Incompleta. Fonte: elaborada pela própria autora.

O terceiro, e último, modelo é composto por três esferas de isopor pintadas de vermelho e com alfinetes distribuídos em sua superfície, para representar a interação alélica de Codominância. Na primeira esfera foram distribuídos 10 alfinetes de mapa do tipo taça, na segunda esfera foram distribuídos 10 alfinetes de mapa arredondados e na terceira e última esfera foram distribuídos cinco alfinetes do tipo taça e outros cinco alfinetes arredondados em sua superfície.

Esse modelo foi construído para representar o sistema sanguíneo MN, sendo a primeira esfera, com apenas alfinetes do tipo taça em sua superfície representa o tipo sanguíneo M, em homozigose ($L^M L^M$) em que apenas antígenos do tipo M são observados na superfície das hemácias; a segunda esfera, apenas com alfinetes arredondados representa o tipo sanguíneo N, em homozigose ($L^N L^N$) em que apenas antígenos do tipo N são observados na superfície das hemácias; e, por fim, a esfera com ambos os tipos de alfinetes representam o tipo sanguíneo MN, em heterozigose ($L^M L^N$) em que tanto antígenos do tipo M quanto antígenos do tipo N são observados na superfície das hemácias.

Este modelo também pode ser utilizado facilmente por estudantes normovisuais os quais conseguem identificar pela visão a diferença entre os alfinetes que representam os distintos antígenos, sempre em busca de aulas integrativas que pudessem incluir todos os estudantes e as estudantes para uso dos modelos em sala de aula.

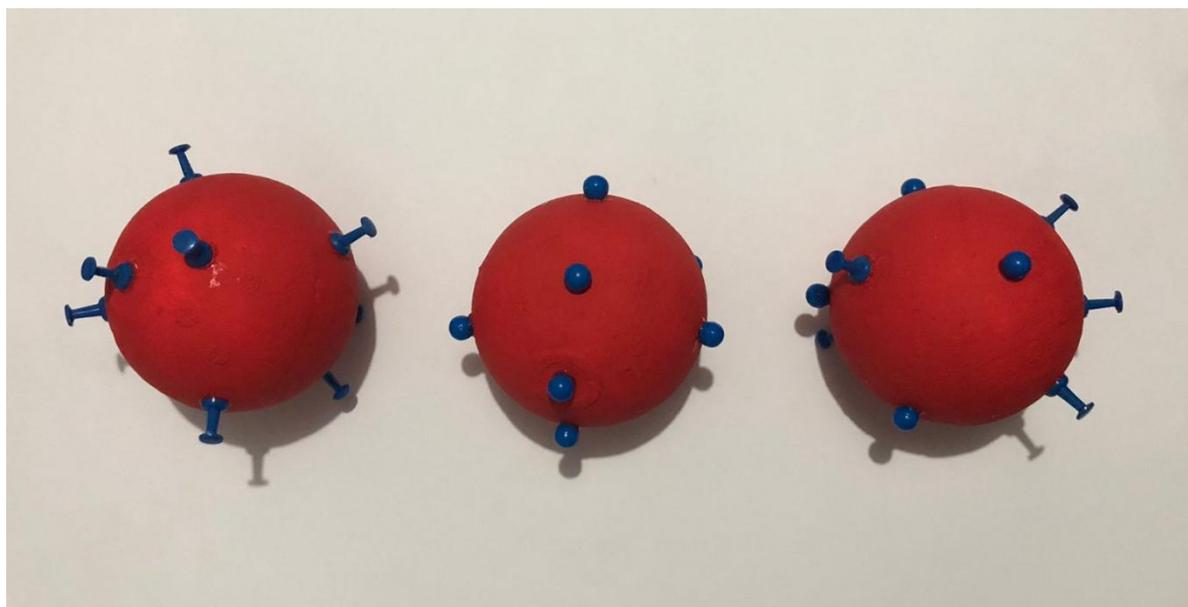


FIGURA 3. Modelos táteis representando os fenótipos possíveis para o sistema MN encontrado em sangue de humanos. Da esquerda pra direita temos a representação de uma hemácia contendo apenas antígenos M em sua superfície, no centro da imagem temos a representação de uma hemácia contendo apenas antígenos N e, à direita da imagem, temos a representação de uma hemácia contendo antígenos M e N em sua superfície. Fonte: elaborada pela própria autora.

Para cada modelo foram confeccionadas três caixas com a identificação específica em Braille do tipo de interação alélica que pertence cada modelo tátil.



FIGURA 4. Caixa de armazenamento do modelo tátil com a correta identificação do tipo de interação alélica de Codominância em Braille. Fonte: elaborada pela própria autora.

Audiodescrições e Audioaulas

Para cada modelo produzido foi desenvolvida uma audiodescrição para acompanhá-lo, proporcionando assim uma descrição detalhada sobre todos os elementos presentes nos modelos. Para o modelo sobre Dominância Completa foi gerado o link https://drive.google.com/file/d/1vOS1kmV8zvUWEQAF3F67SHOobWiOMluS/view?usp=drive_link, para o modelo de Dominância Incompleta o link gerado foi esse <https://drive.google.com/file/d/1sYsJl1rH8pPgnk-ji2zFQ4w8W7AYBNJq/view?usp=sharing> e, por fim, para o modelo de Codominância foi gerado este link https://drive.google.com/file/d/1Bmj1Dj5GdGM467TMZMOAP_zz60Cca1aK/view?usp=drive_link.

As audioaulas elaboradas têm o propósito de fornecer as explicações verbais necessárias, em conjunto aos modelos didáticos, sobre os conteúdos abordados no ensino das Interações Alélicas. Para o conteúdo abordado, foram elaboradas quatro audioaulas, a primeira denominada “INTRODUÇÃO SOBRE INTERAÇÕES ALÉLICAS – RELEMBRANDO CONCEITOS”, disponível no link

<https://drive.google.com/file/d/17CaYPgLAB8LKXPUX3mccF0Y2HaJXlut/view?usp=sharing>, contendo 2 minutos e 48 segundos de duração; a segunda denominada “INTERAÇÃO ALÉLICA DO TIPO DOMINÂNCIA COMPLETA”, disponível no link https://drive.google.com/file/d/1DM4U4xy9rHW10WUUIbc-K-tMOmn3ZJO/view?usp=drive_link, possuindo o tempo 5 minutos e 16 segundos; a terceira denominada “INTERAÇÃO ALÉLICA DO TIPO DOMINÂNCIA INCOMPLETA”, disponível no link https://drive.google.com/file/d/19Z_vVmVJch8k0Bnx3zYbhRc1ZMnK7dLY/view?usp=drive_link, durando 4 minutos e 21 segundos; e, por fim, a quarta audioaula denominada “INTERAÇÃO ALÉLICA DO TIPO CODOMINÂNCIA”, disponível no link https://drive.google.com/file/d/1_tmLeBqV_NkE2yEtW5_gp0dogRjhUkO/view?usp=drive_link, com 3 minutos e 14 segundos de duração.

A utilização dos modelos didáticos táteis em conjunto das audiodescrições e audioaulas, pode proporcionar um maior desenvolvimento de raciocínio e a interatividade entre os alunos e alunas em sala de aula (Pereira, 2019). Além disso, proporciona o acesso e a inclusão de EcDV aos conteúdos educacionais presentes no cotidiano das escolas.

Ao integrar os materiais didáticos adaptados produzidos, os alunos e alunas, em especial os EcDV, além de mobilizarem conhecimentos conceituais relacionados à reprodução, hereditariedade e genética mendeliana, poderão também “construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis” (Brasil, 2018, p. 542). Desenvolvendo então, competências e habilidades previstas na BNCC, na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, mais especificamente na Competência Específica 2.

Ademais, os materiais didáticos adaptados para o ensino das Interações Alélicas elaborados neste trabalho, pode ser um facilitador para o processo de ensino e aprendizagem deste conteúdo da Genética, que se apresenta com muita dificuldade, devido à complexidade do tema (Araújo *et al.*, 2016).

Na área da Genética, além da complexidade dos conceitos, se tem muita abstração das estruturas e fenômenos biológicos e, frequentemente, são utilizadas imagens e outros recursos visuais para a representação dessas abstrações (Rocha;

Silva, 2016), estratégia excludente quando consideramos EcDV. Como alternativa à utilização desses recursos, os modelos didáticos táteis produzidos surgem como uma estratégia didática alternativa para auxiliar na construção de conhecimentos por EcDV.

Por serem utilizados materiais com custo relativamente baixo, a confecção do material pode ser realizada como uma alternativa para o ensino do conteúdo tanto por professores e professoras de redes particulares de ensino, quanto de redes públicas de ensino. Isto, em conjunto das audioaulas e audiodescrições disponibilizadas no Google Drive – uma plataforma gratuita e de fácil acesso – proporcionará uma ampla acessibilidade dos materiais elaborados para estudantes, professoras e professores que possuem interesse ou a necessidade da utilização do material.

Para além, os materiais produzidos podem ser também utilizados para o estudo das Interações Alélicas, por estudantes normovisuais, surgindo como uma alternativa para o método tradicional de ensino, frequentemente atrelados a aulas expositivas e com uma escassez de materiais didáticos alternativos e de atividades práticas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a elaboração dos materiais didáticos adaptados para o ensino das Interações Alélicas, voltadas para Estudantes com Deficiência Visual, visou-se a promoção da educação inclusiva, equitativa e de qualidade. Por meio da confecção dos três modelos didáticos táteis acompanhados de três audiodescrições e quatro audioaulas, pretendeu-se disponibilizar recursos didáticos acessíveis que pudessem facilitar o processo de ensino e aprendizagem desse conteúdo.

Os modelos didáticos táteis produzidos permitem a partir da sua manipulação que os estudantes possam estabelecer um contato direto com o conteúdo, proporcionando aos EcDV uma experiência sensorial que facilite a compreensão das Interações Alélicas. Além disso, as audiodescrições e audioaulas que acompanham o modelo, podem oferecer aos EcDV uma compreensão completa e precisa dos modelos táteis apresentados e as explicações verbais sobre os conceitos apresentados, promovendo uma maior autonomia dos EcDV, ao utilizarem os materiais didáticos propostos neste trabalho.

Materiais como esses se mostram escassos na literatura, especialmente os voltados para o ensino da genética. Logo, se evidencia a necessidade de estratégias

voltadas para a inclusão dos EcDV nas redes de ensino. Espera-se, que com este trabalho, futuras pesquisas e desenvolvimentos de recursos didáticos adaptados, sejam inspiradas, com o intuito de contribuir para a construção de um ambiente educacional verdadeiramente inclusivo e equitativo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Kêmmia Alves; CASTRO, Fillipe de Araújo. A genética do ensino médio na perspectiva discente: um estudo de caso no município de Uruçuí-PI. Sociedade 5.0: educação, ciência, tecnologia e amor. Anais... Em: VII Congresso Internacional das Licenciaturas. Instituto Internacional Despertando Vocações, 2020. Disponível em: <https://cointer.institutoidv.org/smart/2020/pdvl/uploads/1690.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ANTUNES, A.M.; SABÓIA-MORAIS, S.M.T. O jogo Educação e Saúde: uma proposta de mediação pedagógica no ensino de Ciências. Experiências em Ensino de Ciências, v.5, n.2, p. 55-70, 2010. Disponível em: <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/347>. Acesso em: 25 jul. 2024.

ARAÚJO, J. G. .; COSTA, A. P. .; SOUZA, A. K. L. de .; ARAÚJO, C. G. .; MELO, C. A. do R. .; FERREIRA, R. dos S.; PINHEIRO, R. S. . ENSINO DE BIOLOGIA PARA ALUNOS COM DEFICIÊNCIAS VISUAIS: RELATO DE EXPERIÊNCIA E CONTRIBUIÇÕES NA FORMAÇÃO DOCENTE. **PESQUISA EM FOCO**, [S. l.], v. 26, n. 1, 2021. DOI: 10.18817/pef.v26i1.2637. Disponível em: https://www.ppg.revistas.uema.br/index.php/PESQUISA_EM_FOCO/article/view/2637. Acesso em: 25 jul. 2024

ARAÚJO, M. S.; FREITAS, W. L. S.; LIMA, S. M. S.; LIMA, M. M. O. A genética no contexto de sala de aula: dificuldades e desafios em uma escola pública de Floriano-PI. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, v. 9, n. 1, p. 19–30, 5 abr. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRASIL. [Constituição (1988)]. Constituição da República Federativa do Brasil. 2016. p. 1-497. Disponível em:

https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 25 maio 2023.

BRASIL. Lei nº 12.796, de 4 de abril de 2013. Altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para dispor sobre a formação dos profissionais da educação e dar outras providências. 4 abr. 2013. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm#:~:text=NR\)-,%E2%80%9CArt.e%20altas%20habilidades%20ou%20superdota%C3%A7%C3%A3o](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12796.htm#:~:text=NR)-,%E2%80%9CArt.e%20altas%20habilidades%20ou%20superdota%C3%A7%C3%A3o). Acesso em: 25 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Plano Nacional de Educação (PNE) 2014-2024. Disponível em: <https://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014>. Acesso em: 30 mar. 2024.

BRUNO, M. M. G. Educação infantil: saberes e práticas da inclusão: dificuldades de comunicação sinalização: deficiência visual. 4. ed. Brasília: MEC, Secretaria de Educação Especial, 2006. p. 81. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/deficienciavisual.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2023.

GRIFFITHS, Anthony J. F.; DOEBLEY, John; PEICHEL, Catherine; et al. Introdução à genética. [S.l.]: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788527738682. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527738682/>. Acesso em: 9 jun. 2023.

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). (2024). *Matrículas na educação especial chegam a mais de 1,7 milhão*. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/assuntos/noticias/censo-escolar/matriculas-na-educacao-especial-chegam-a-mais-de-1-7-milhao>. Acesso em: 08 jun. 2024

JUSTINA, L. A. D.; FERLA, M. R. A utilização de modelos didáticos no ensino da genética - exemplo de representação de compactação do DNA eucarioto. Arq Mundi, 2006, p. 35-40. Disponível em: <https://encr.pw/sFefw>. Acesso em: 16 maio 2024

LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília: MEC, 1996.

MANSOUR, Eva R. M.; TREVISAN, Glauce L.; DAGNINO, Ana P. A. Genética. [S.l.]: Grupo A, 2020. E-book. ISBN 9786581492984. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581492984/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

MOURA, Rosalba Soares. Educação inclusiva e deficiência visual. Orientador: Tatiana Guimarães Sampaio. 2022. 21 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Licenciatura em Pedagogia) - Universidade Aberta do Brasil - UAB, do Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí, [S.l.], 2022. Disponível em: https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/3069/1/tcc_Rosalba%20Soares%20Ode%20Moura.pdf. Acesso em: 28 maio 2023.

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, p. 215-235, 2021. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/biodiversidade/article/view/12610>.

OLIVEIRA, A. A. Um olhar sobre o ensino de ciências e biologia para alunos deficientes visuais. 2018. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Biologia – Profbio) - Universidade Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Biologia, São Mateus, 2018.

PIERCE, Benjamin A. Genética - um enfoque conceitual. 5. ed. [S.l.]: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788527729338. Disponível em: [https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788527729338/epubcfi/6/2\[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover\]!/4/2/2%4051:41](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788527729338/epubcfi/6/2[%3Bvnd.vst.idref%3Dcover]!/4/2/2%4051:41). Acesso em: 25 ago. 2023.

PEREIRA, Francisco Pires. O ensino de genética na educação básica: revisão bibliográfica e produção de modelos didáticos. Orientador: Maria de Fátima Veras Araújo. 2019. 55 p. Trabalho de conclusão de curso (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) - Universidade Estadual do Piauí, 2019. Disponível em:

<https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2020/12/TCM-FRANCISCO-PIRES-PEREIRA.pdf>. Acesso em: 28 maio 2023.

QUEIROZ, Edja Elidiany Calixto. Educação especial e as adaptações necessárias no contexto escolar para crianças com deficiência visual. 2021. p. 1-17. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Pedagogia) - ESAB, [S.l.], 2021. Disponível em: <https://esab.edu.br/wp-content/uploads/2021/07/TCC-educacao-especial-e-a-adaptacao-de-criancas-deficientes-visuais-na-sala1.pdf>. Acesso em: 25 maio 2023.

RAMALHO, A. P. R.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. Interações alélicas e não-alélicas. In: Genética na Agropecuária. 4. ed. Lavras: Editora UFLA, 2008. cap. 6, p. 119-142. ISBN 978-85-87692-51-1.

REZENDE, L. P.; GOMES, S. C. S. Uso de modelos didáticos no ensino de genética: estratégias metodológicas para o aprendizado. Revista de Educação, Ciências e Matemática, v. 8, n. 2, 16 nov. 2018. Disponível em: <http://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/recm/article/view/4447>. Acesso em: 10 jun. 2023.

RIBEIRO, E. N.; LIMA, F. J. Contribuições da áudio-descrição para a aprendizagem de educandos surdos. Revista Brasileira de Tradução Visual, Recife, v. 10, n. 10, p. 1-34, 2012.

SANTOS FILHO, R.; CESTARI, M. M.; ALLE, L. P.; LEME, D. M. Representando genótipos e fenótipos: uma prática para visualizar as diferentes interações alélicas na herança monogênica. Genética na Escola, v. 16, n. 2, p. 258–271, 10 jun. 2021. Disponível em: <https://geneticanaescola.emnuvens.com.br/revista/article/view/379>. Acesso em: 28 maio 2023.

SANTOS, M. P.; PAULINO, M. M. Inclusão em educação. São Paulo: Editora Cortez, 2006.

SILVA, Marcos Antonio Pereira. As percepções de um estudante com deficiência visual sobre a utilização de objetos dinâmico-táteis como mediadores na construção de modelos mentais de conceitos químicos. Orientador: Prof^a. Dr^a. Sandra de Oliveira Franco Patrocínio. 2022. 165 p. Dissertação (Pós-graduação em Ensino de Ciências)

- Universidade Federal de Ouro Preto, [S.l.], Pós-graduação em Ensino de Ciências.
Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/15051>. Acesso em:
7 jul. 2023.

8. ANEXOS

8.1 Anexo 1 - Roteiro das Audiodescrições dos Modelos

1ª AUDIODESCRIÇÃO: MODELOS SOBRE DOMINÂNCIA COMPLETA

Para a representação da interação de Dominância Completa, tem-se duas esferas de isopor de 7cm de diâmetro, pintadas de verde. Uma das esferas possui a textura lisa e a outra esfera possui a textura rugosa. As esferas representam sementes de ervilhas de cheiro.

2ª AUDIODESCRIÇÃO: MODELOS SOBRE DOMINÂNCIA INCOMPLETA

Para representação da Dominância Incompleta, trata-se de três objetos. O primeiro objeto é uma esfera de *biscuit*, na cor vermelha, possuindo aproximadamente 6cm de diâmetro. O segundo objeto é alongado e fino, feito de *biscuit*, com aproximadamente 21cm de comprimento, na cor branca. O terceiro e último objeto possui o formato oval, também feito de *biscuit*, com aproximadamente 9cm de comprimento e possui a coloração rosa claro. Os modelos de *biscuit* representam raízes de rabanete.

3ª AUDIODESCRIÇÃO: MODELOS SOBRE CODOMINÂNCIA

Para a representação da interação de Codominância, tem-se três esferas de isopor de 8 cm de diâmetro, pintadas de vermelho. A primeira esfera possui 10 unidades de alfinetes arredondados na ponta distribuídos aleatoriamente sobre a superfície da esfera. A segunda esfera possui 10 unidades de alfinetes do tipo taça distribuídos aleatoriamente sobre a superfície da esfera. E, por fim, a última esfera possui 5 unidades de alfinetes arredondados na ponta e 5 unidades de alfinetes do tipo taça distribuídos aleatoriamente em sua superfície.

PARA A ELABORAÇÃO DAS AUDIODESCRIÇÕES FOI UTILIZADA A SEGUINTE REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

RENATA, Isabella; MARTINS, Anderson. Tutorial de Audiodescrição – Dicas e Orientações. Universidade Federal de Minas Gerais. Núcleo de Acessibilidade e Inclusão – NAI. Disponível em: <https://www.ufmg.br/nai/wp-content/uploads/2021/10/Tutorial-Audiodescri%C3%A7%C3%A3o.pdf>.

8.2 Anexo 2 - Roteiro das Audioaulas sobre Interações Alélicas

AUDIOAULA 01. INTRODUÇÃO SOBRE INTERAÇÕES ALÉLICAS – RELEMBRANDO CONCEITOS

Olá pessoal, na aula de genética de hoje vamos falar sobre as extensões do mendelismo focando especificamente nos diferentes tipos de interações alélicas.

Antes de começarmos a falar sobre o que são interações alélicas e quais os diferentes tipos dessas interações, vamos lembrar alguns conceitos que serão muito importantes para esta aula.

O primeiro conceito que vamos lembrar é o de gene, então o que seria um gene? Gene pode ser definido como um segmento do DNA, localizado nos cromossomos, que contém as informações necessárias que serão transcritas em um RNA. Gene é, portanto, um determinante hereditário de uma função biológica específica.

Os genes possuem uma ou mais formas alternativas, que são chamadas de alelos. Os alelos correspondem a sequências diferentes de nucleotídeos, por exemplo: para o gene que determina a textura das sementes de ervilhas se tem um alelo para a textura lisa e outro alelo para a textura rugosa.

Em seguida, vamos compreender o conceito de genótipo, que nada mais é que a combinação dos alelos de um indivíduo, ou seja, corresponde aos alelos recebidos por seus pais. É o genótipo em conjunto de fatores ambientais que resulta nas características herdáveis, ou seja, o seu fenótipo. Como por exemplo: a cor dos olhos, a cor das sementes de ervilha ou a textura delas, entre outras características que podemos observar.

Um genótipo pode ser homocigoto ou heterocigoto. O genótipo homocigoto corresponde à condição em que um organismo diploide possui o mesmo alelo em cada cromossomo homólogo em um locus, por exemplo: para a textura das ervilhas vamos representar os alelos por letras, sendo o alelo para a textura lisa representando pela letra “S” (S maiúsculo), pois é o fenótipo dominante, enquanto o alelo para textura rugosa será representado pela letra “s” (s minúsculo), pois é o fenótipo recessivo. Sendo assim, o genótipo será homocigoto dominante quando houver a interação entre

dois alelos dominantes “SS” e será homozigoto recessivo quando houver a interação entre dois alelos recessivos “ss”.

O genótipo heterozigoto, por sua vez, corresponde à condição a qual os alelos presentes em um locus são diferentes entre si. No exemplo da textura das sementes de ervilhas tem-se o genótipo heterozigoto quando há interação entre os alelos “Ss” (S maiúsculo e s minúsculo).

Com os conceitos básicos para esta aula apresentados, podemos entender o que são e quais são as Interações Alélicas. Quando falamos sobre Interações Alélicas, falamos sobre como um par de alelos em um gene vai interagir entre si quando em heterozigose.

AUDIOAULA 02. INTERAÇÃO ALÉLICA DO TIPO DOMINÂNCIA COMPLETA

O primeiro tipo de interação alélica que vamos apresentar é a de Dominância Completa. Para explicar de maneira mais prática essa interação, utilizaremos o modelo das ervilhas de Mendel, analisando a característica da textura das sementes de ervilhas. Neste momento, utilize a caixinha denominada Dominância Completa e pegue os modelos que representam esta interação e sinta a diferença entre eles.

Antes de entrarmos no conceito de Dominância Completa em si, vamos contextualizar como é esta interação a partir dos estudos de Mendel.

Mendel, um monge agostiniano, realizou experimentos pioneiros sobre hereditariedade no século XIX, com ervilhas de jardim. A escolha das ervilhas se justificou devido à facilidade de cultivo e à disposição do jardim e da estufa do monastério em que Mendel vivia, além disso, as ervilhas produziam um alto número de descendentes, facilitando então a observação das características escolhidas para a pesquisa.

No experimento em questão, uma das características observadas por Mendel foi a textura das sementes de ervilha, podendo esta ser lisa ou rugosa. A diferença de textura entre as ervilhas está representada no modelo apresentado. Ele então realizou cruzamentos entre ervilhas com sementes lisas até que se tivesse certeza que todas as gerações seguintes, fossem de ervilhas com sementes lisas. O mesmo foi feito em

relação às ervilhas de sementes rugosas, cruzando então, plantas com sementes rugosas entre si até que se tivesse certeza de que todas as gerações seguintes fossem de ervilhas com sementes rugosas. O que Mendel não sabia era que ele estava obtendo genótipos homozigotos para as duas variantes da textura das ervilhas, sendo as sementes lisas representadas genotipicamente por SS (dois alelos dominantes) e as rugosas representadas por ss (dois alelos recessivos).

Após se obter os genótipos homozigotos para sementes lisas e para sementes rugosas, Mendel fez outros cruzamentos, só que desta vez cruzando as linhagens homozigotas de semente lisa com as linhagens homozigotas de sementes rugosas e o resultado desse cruzamento foi denominado com Geração Filial 1, também chamada de geração F1, em que todas as sementes possuíam o fenótipo liso.

Em seguida, Mendel autofecundou as sementes lisas da geração F1, resultando na Geração Filial 2, ou ainda F2, na qual se observavam sementes de ambos os fenótipos, ou seja, sementes lisas e sementes rugosas. Mendel percebeu que existia um padrão fenotípico com proporções 3:1 deste cruzamento, em outras palavras, a cada quatro sementes de ervilhas geradas do cruzamento entre F1, três eram lisas e apenas uma era rugosa. Com isso, Mendel pode concluir que a textura das sementes era determinada por dois fatores, os quais hoje conhecemos como alelos, e que a geração F1 de sementes lisas era composta por sementes com o genótipo heterozigoto "Ss" (formado por um alelo dominante e um alelo recessivo). Mendel postulou, desde então, os conceitos de dominância e de recessividade, uma vez que foi possível observar que o fenótipo da semente lisa, domina o fenótipo da semente rugosa.

Para características de herança monogênica, ou seja, em que um gene é responsável pela característica, espera-se um padrão fenotípico com proporções 3:1, ao se cruzar dois genótipos heterozigotos. No caso da textura das sementes de ervilhas de cheiro, a cada quatro sementes formadas em F2, três serão lisas e apenas uma será rugosa. Além disso, teremos o seguinte padrão genotípico: uma semente homozigota dominante, para 2 heterozigotas, para 1 homozigota recessiva. Isso acontece porque, nesta interação, um dos alelos domina completamente o outro de forma que a única expressão fenotípica observada em indivíduos heterozigotos é do alelo dominante e

não do recessivo, ainda que ele esteja presente. Assim, o fenótipo do heterozigoto será exatamente igual ao fenótipo do homozigoto dominante.

Neste caso, o fenótipo dominante será observado tanto em homozigose dominante, quanto em heterozigose. Como exemplo desta interação, temos dois fenótipos demonstrados nos modelos: o da esfera de textura lisa, que representa uma semente em homozigose dominante ou em heterozigose; e a esfera de textura rugosa que representa uma semente em homozigose recessiva.

Sendo assim, em uma interação alélica de Dominância Completa, se tem a expressão de apenas dois fenótipos, sendo que o heterozigoto expressa o mesmo fenótipo do homozigoto dominante.

AUDIOAULA 03. INTERAÇÃO ALÉLICA DO TIPO DOMINÂNCIA INCOMPLETA

Outro tipo de Interação Alélica que iremos abordar nesta aula, é a de Dominância Incompleta. Nesta interação, diferentemente da interação de Dominância Completa, se tem a expressão de 3 fenótipos distintos, em uma proporção fenotípica 1:2:1. Desta forma, cada genótipo formado terá um fenótipo correspondente. Iremos observar ainda que o fenótipo expresso pelo genótipo heterozigoto será intermediário entre os dois fenótipos expressos pelos genótipos em homozigose.

Para exemplificar esta interação, utilizaremos os modelos que representam o formato da raiz do rabanete. Neste momento, utilize a caixinha denominada Dominância Incompleta e pegue os modelos que representam esta interação. Sinta a diferença que existe entre eles. A raiz do rabanete pode apresentar três fenótipos diferentes, sendo eles: raiz alongada, raiz esférica e raiz oval.

Rabanetes com a raiz alongada foram cruzadas entre si até que se tivesse certeza que todas as gerações seguintes, fossem de rabanetes com raiz alongada. O mesmo foi feito em relação aos rabanetes com raiz esférica, cruzando então, rabanetes com raiz esférica entre si até que se tivesse certeza de que todas as gerações seguintes fossem de rabanetes com raiz esférica. Assim, foi possível obter os genótipos homozigotos para as duas variantes do formato da raiz do rabanete, sendo o fenótipo de raiz alongada representadas genotipicamente por “AA” (dois alelos dominantes) e a raiz esférica representada por “aa” (dois alelos recessivos).

Em seguida, a linhagem de rabanetes de raízes alongadas foi cruzada com a linhagem de rabanetes de raízes esféricas e o resultado desse cruzamento é a Geração Filial 1, ou simplesmente, F1. Diferentemente do que Mendel observou com os cruzamentos das ervilhas ao se estudar a textura das sementes, em que o fenótipo da geração F1 era igual ao fenótipo de um de seus genitores, o fenótipo das raízes de rabanetes observadas em F1 era diferente de ambos os fenótipos da sua geração parental e o formato das raízes era oval. O cruzamento entre os rabanetes com raízes alongadas e rabanetes com raízes esféricas, gerou um terceiro fenótipo, de rabanetes com raízes ovais, representados pelo genótipo “Aa” (um alelo dominante e um alelo recessivo).

Ainda, ao se cruzar a geração F1 entre si, ou seja, o cruzamento entre dois rabanetes com raízes ovais, se tem a formação de três fenótipos diferentes, sendo a proporção: 1 rabanete com raiz alongada, para 2 rabanetes com raízes ovais, para 1 rabanete com raiz esférica. Sendo então, a proporção fenotípica e genotípica igual, 1:2:1, possibilitando a determinação do genótipo dos rabanetes por meio dos seus fenótipos, o que não seria possível no exemplo da textura das ervilhas.

Como exemplo desta interação, temos três fenótipos representados nos modelos: o modelo alongado que representa o rabanete de raiz alongada correspondente ao genótipo homocigoto dominante AA (dois alelos dominantes), o modelo esférico que representa o rabanete de raiz esférica correspondente ao genótipo homocigoto recessivo aa (dois alelos recessivos) e, finalmente, o modelo oval que representa o rabanete de raiz oval, um fenótipo intermediário aos fenótipos dos dois genótipos homocigotos anteriormente, e que corresponde ao genótipo heterocigoto Aa (um alelo dominante e um alelo recessivo).

Portanto, no tipo de interação alélica de Dominância Incompleta, teremos 3 fenótipos diferentes expressos, sendo que o heterocigoto expressa um fenótipo intermediário entre os outros dois fenótipos dos homocigotos.

AUDIOAULA 04. INTERAÇÃO ALÉLICA DO TIPO CODOMINÂNCIA

Por fim, temos o tipo de interação alélica denominado Codominância. Na interação de Codominância teremos também 3 tipos de fenótipos expressos, porém o heterocigoto

não expressa um fenótipo intermediário em comparação aos dois homozigotos, neste caso o fenótipo que o heterozigoto expressará é exatamente os dos dois homozigotos ao mesmo tempo.

Para exemplificar esta interação, utilizaremos o modelo que representa o gene para tipagem sanguínea no sistema MN. Neste momento, utilize a caixinha denominada Codominância e pegue os modelos que representam esta interação, sinta a diferença que existe entre eles.

O tipo sanguíneo no sistema MN codifica um dos tipos de antígenos encontrados na superfície de células vermelhas, as hemácias. Um indivíduo que expressa apenas o antígeno M na superfície de suas células, possui o genótipo $L^M L^M$ e o indivíduo que expressa apenas o antígeno N na superfície de suas células possui o genótipo $L^N L^N$.

Quando há um cruzamento entre indivíduos homozigotos $L^M L^M$ e $L^N L^N$ da geração parental, se tem a Geração F1, em que todos os descendentes irão expressar tanto o antígeno M, quanto o antígeno N, nas superfícies de suas células. Logo a Geração F1 expressa ambos os fenótipos observados nos dois homozigotos. Isso acontece pois o seu genótipo é heterozigoto $L^M L^N$.

Logo após, ao se realizar o cruzamento entre dois indivíduos que expressam tanto o antígeno M, quanto o antígeno N na superfície de suas células simultaneamente, ou seja, os indivíduos que possuem o genótipo heterozigoto, teremos a expressão de 3 fenótipos diferentes, com proporções fenotípicas iguais a 1 indivíduo com antígenos M na superfície de suas células, com genótipo homozigoto $L^M L^M$, sendo representado pela esfera que possui apenas alfinetes tipo taça em sua superfície; para 2 indivíduos com antígenos M e antígenos N na superfície de suas células, com o genótipo heterozigoto $L^M L^N$, sendo representados pela esfera com os dois tipos distintos de alfinetes em sua superfície; para 1 indivíduo com apenas antígenos N na superfície de suas células, com o genótipo homozigoto $L^N L^N$, sendo representado pela esfera com alfinetes apenas em formato redondos em sua superfície.

Sendo assim, neste tipo de interação alélica, a de Codominância, teremos a formação de três fenótipos diferentes, sendo que o heterozigoto expressa, ao mesmo tempo, os dois fenótipos apresentados nos dois homozigotos diferentes, visto que não há uma

relação de dominância e recessividade entre esses alelos nos indivíduos heterozigotos.

PARA ESSA AULA, FORAM USADOS OS SEGUINTE LIVROS:

GRIFFITHS, Anthony J F.; DOEBLEY, John; PEICHEL, Catherine; et al. Introdução à Genética. Rio de Janeiro - RJ: Grupo GEN, 2022. E-book. ISBN 9788527738682. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527738682/>.

PIERCE, Benjamin A. Genética - Um Enfoque Conceitual, 5ª edição. Rio de Janeiro - RJ: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788527729338. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527729338/>.

SNUSTAD, D P.; SIMMONS, Michael J. Fundamentos de Genética, 7ª edição. Grupo GEN, 2017. E-book. ISBN 9788527731010. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788527731010/>.