



UnB



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
Mestrado Profissional em Ensino de Biologia - PROFBIO

**O ENSINO DA HERANÇA DA COR DA PELE: A EDUCAÇÃO COMO
FERRAMENTA PARA O COMBATE DA EUGENIA E DA SEGREGAÇÃO RACIAL**

LUANY LAZARA MELO DE OLIVEIRA

Brasília
2024



UnB



LUANY LAZARA MELO DE OLIVEIRA

**O ENSINO DA HERANÇA DA COR DA PELE: A EDUCAÇÃO COMO FERRAMENTA
PARA O COMBATE DA EUGENIA E DA SEGREGAÇÃO RACIAL**

Trabalho de Conclusão de Mestrado – TCM
apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino
de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), na
Universidade de Brasília, Instituto de Ciências
Biológicas, como requisito para obtenção do título
de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Silviene Fabiana de
Oliveira

Brasília, 28 de março de 2024.



AGRADECIMENTOS À CAPES

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.



RELATO DO MESTRANDO

Instituição: Universidade de Brasília – UnB
Mestrando: Luany Lazara Melo de Oliveira
Título do TCM: O ensino da herança da cor da pele: a educação como ferramenta para o combate da eugenia e da segregação racial
Data da defesa: 28 de março de 2024
<p>Desde criança sempre fui bastante curiosa e tudo relacionado à ciência me chamava atenção, inclusive lia livros de plantas medicinais da minha avó só para saber o nome científico das plantas. Além disso, eu também gostava muito de estudar e minhas brincadeiras por diversas vezes envolviam os assuntos que eu achava interessante, assim como brincava muito de dar aula. Engraçado que na minha adolescência eu não fazia ideia da área em que eu iria me graduar e me sentia confusa com tudo, até que um professor na terceira série do ensino médio me disse que eu não precisava me preocupar tanto, que eu era capaz e que logo estaria defendendo meu Trabalho de Conclusão de Curso.</p> <p>Nesse sentido, posso afirmar que só consegui concluir a graduação e ingressar no mestrado por causa das pessoas que acreditaram em mim. Na época do ensino médio e do ensino fundamental, meus colegas me chamavam de burra por eu estar sempre dispersa e não conseguir acompanhar o que eles falavam. Eu não entendia o motivo de ter tanta dificuldade com coisas simples e graças às exigências que encontrei na vida adulta, principalmente depois que entrei no mestrado, fui diagnosticada tardiamente com Transtorno de Déficit de Atenção e Hiperatividade. O diagnóstico explicou muita coisa que eu passei durante a educação básica e possibilitou o tratamento para reduzir uma parte dos prejuízos que o transtorno me causa.</p> <p>Por esse motivo, concluir o mestrado é, além da realização de um dos meus maiores sonhos, provar para mim que sou capaz de contornar as situações adversas e que eu sou muito maior do que as críticas que ouvi ao longo da vida. Passar por esse processo foi bastante doloroso, por diversas vezes chorei olhando para a tela do computador porque estava me sentindo exausta, porém, nunca me dei por vencida. Em meio às lágrimas, me recordava de todas as palavras que minha mãe e meus professores diziam para me impulsionar e elas me deram forças para continuar. Ademais, o Mestrado Profissional em Ensino de Biologia me proporcionou habilidades para desenvolver aulas capazes de oportunizar o protagonismo do estudante na construção do próprio saber.</p>

RESUMO

A genética é essencial para o melhor entendimento da hereditariedade, incluindo a herança complexa de características morfológicas como a cor da pele. Historicamente, a cor da pele desencadeou diversos problemas sociais, como o racismo e a exclusão dos indivíduos considerados não “aptos”. Esses problemas sociais se apoiaram durante muito tempo sobre uma pseudociência denominada eugenia, que influencia o ensino de genética de maneira implícita até os dias atuais. Os documentos curriculares do Brasil preveem o ensino de genética considerando os fatores históricos de segregação social dentro da ciência e o ensino com abordagem investigativa, mas por diversas vezes os materiais disponíveis para os professores utilizarem em suas aulas não atendem esses aspectos. Dessa forma, é necessária a elaboração de recursos didáticos desvinculados da eugenia e que aproximem o professor da real complexidade da herança da cor da pele. O objetivo geral do presente trabalho foi avaliar como a genética da cor da pele é trabalhada nos livros didáticos e material pedagógico disponível, em especial em língua portuguesa, e gerar material em língua portuguesa visando suprir parte dessa lacuna. Como produto foi gerado um artigo de revisão sobre a genética da cor da pele e as questões sociais, racismo e eugenia, que podem ser trabalhadas ao se discutir essa característica no ensino de biologia.

Palavras-chave: Bases biológicas da pigmentação da pele; Melanogênese; Eugenia; Racismo; PNLD 2021 Ciências da Natureza.

ABSTRACT

Genetics is essential for a better understanding of heredity, including the complex inheritance of morphological characteristics such as skin color. Historically, skin color has triggered several social problems, such as racism and the exclusion of individuals considered not “fit”. These social problems have long been based on a pseudoscience called eugenics, which implicitly influences the teaching of genetics until today. Brazilian high school curriculum provide for the teaching of genetics considering the historical factors of social segregation within science and teaching with an investigative approach, but on many occasions the materials available for teachers to use in their classes do not meet these aspects. Therefore, it is necessary to develop didactic resources that are not linked to eugenics and that bring the teacher closer to the real complexity of the inheritance of skin color. The general objective of the present study was to evaluate how the genetics of skin color is presented in textbooks and pedagogical material, especially in Portuguese, and to generate material in Portuguese in order to fill part of this gap. As a product, a review article was generated on the genetics of skin color and social issues, racism and eugenics, which can be employed when discussing this characteristic in biology teaching.

Keywords: Biological bases of skin pigmentation; Melanogenesis; Eugenics; Racism; PNLD 2021 Natural Sciences.

AGRADECIMENTOS

Reservo-me este espaço para agradecer:

Primeiramente, quero agradecer à minha mãezinha, Simoni Batista de Melo, por sempre me incentivar e tentar me fazer enxergar que eu sou capaz de realizar grandes coisas. Sem suas doces palavras, eu teria acreditado que era incapaz e que estava fadada ao fracasso.

Agradeço aos meus professores do ensino médio, em especial ao professor Wander Lúcio Barreto, por acreditar em mim até mais do que eu mesma acreditava.

Ao meu filho, José Pedro Melo dos Santos, pois sua existência é um dos maiores motivos para sonhar e correr atrás dos meus ideais.

À minha orientadora, professora Dr^a. Silviene Fabiana de Oliveira, por todo trabalho que teve comigo e por diversas vezes me acalmar, especialmente no período em que fiquei internada, o que contribuiu muito com meu crescimento acadêmico.

E por fim, aos meus amigos, especialmente ao grupo que carinhosamente apelidamos de Megazord (Anna Leticia Cirino Da Silva Brito, Grazielle Reis Da Rocha, Luana Gomide Bezerra, Rosivelton do Amaral Nunes, Marcos Bruno Reis Da Silva, Mayara Cristina da Silva, Samuel Souza Brasileiro) pela parceria e compreensão durante esses dois anos. Amo vocês!

Dedico este trabalho à minha avó materna, que apesar de já ter falecido, sempre se faz presente em minhas lembranças e, sei que estaria muito feliz e orgulhosa pela minha conquista.

“A vida é uma constante oscilação entre a ânsia de ter e o tédio de possuir.” Arthur Schopenhauer

SUMÁRIO

1.	<i>Introdução</i>	21
2.	<i>Referencial teórico</i>	24
2.1	A genética da cor da pele e o ensino	24
2.2	O entendimento da importância do ensino das bases biológicas da pigmentação da pele 27	
3	<i>Objetivos</i>	29
3.1	Objetivo geral	29
4	<i>Metodologia</i>	30
4.1	Recursos didáticos para o ensino da pigmentação da pele: Programa Nacional do Livro Didático (PNLD).....	35
5	<i>Resultados e Discussão</i>	36
5.1	Análise da abordagem da biologia da cor da pele nas coleções aprovadas pelo PLND para ciências da natureza no ano de 2021	36
	Apresenta erros conceituais sobre o tema.....	39
	Predominância de exemplos de heranças de padrões monogênicos e discorre sobre heranças poligênicas .	40
	Aborda a herança da cor da pele em heranças poligênicas	42
	Evolução humana e genética da cor da pele	42
5.2	Artigo de divulgação científica sobre a biologia da cor da pele	44
6	<i>Considerações finais</i>	45
7	<i>Referências</i>	46
8	<i>APÊNDICE A - Artigo - Título provisório: Bases biológicas da pigmentação da pele em humanos: a utilização do conhecimento biológico no combate da eugenia e da segregação racial</i> 51	

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Imagem retrata a tabela utilizada para representar os genes e os fenótipos envolvidos na coloração da pele	Erro! Indicador não definido. 9
Figura 2: A imagem um trecho retirado do texto denominado de “Receita para uma humanidade desracializada”. Nesse texto representa, a obra explica que a cor da pele é controlada por quatro a seis pares de genes, o que está equivocado..	40
Figura 3: Sumário representando a quantidade de páginas destinadas aos tipos de heranças..	41
Figura 4: Cor da pele sendo citada nos exemplos de herança poligênica.....	42
Figura 5: A imagem apresenta uma crítica à ilustração antiga da evolução humana de forma linear..	43
Figura 6: A obra traz a imagem sobre a evolução humana, que apesar de não demonstrar diferentes espécies de homínídeos coexistindo, derruba a ideia de que a evolução ocorreu de forma linear.....	Erro! Indicador não definido. 4

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Livros de Ciências da Natureza – PNLD 2021.....	Erro! Indicador não definido.	1
Quadro 2 - Ciências da Natureza – Lopes & Rosso - 0194P21203.....	Erro! Indicador não definido.	2
Quadro 3 - Conexões – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0199P21203.....	3Erro! Indicador não definido.	
Quadro 4 - Diálogo – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0196P21203.....	Erro! Indicador não definido.	3
Quadro 5 – Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar - 0181P21203..		33
Quadro 6 – Moderna Plus – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0198P21203..		34
Quadro 7 – Multiversos – Ciências da Natureza - 0221P21203.....		34
Quadro 8 – Ser Protagonista - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0201P21203.....		34
Quadro 9 - Resultado da análise das obras do PNLD - 2021.		38

1. Introdução

Os primeiros estudos sobre a transmissão dos caracteres ao longo das gerações, a hereditariedade, foram realizados por Gregor Mendel. Mendel foi um monge naturalista que viveu a maior parte de sua vida em um mosteiro situado na atual República Tcheca. Nesse ambiente, realizou suas pesquisas utilizando vegetais com diferentes fenótipos como modelo. Seu trabalho de maior destaque foi o com ervilhas, isso porque elas são de fácil cultivo e apresentam um ciclo de vida curto, ou seja, o tempo para observar os descendentes gerados por vários cruzamentos era viável para realizar a investigação almejada (STEFANO, 2004).

Nesse contexto, Mendel deu início aos estudos que embasaram o conhecimento que temos sobre a hereditariedade atualmente. Apesar de não compreenderem a maioria das características fenotípicas comuns, ou seja, aquelas não relacionadas a patologias, as leis de Mendel, são importantes para a construção do conhecimento básico de como os caracteres são transmitidos ao longo das gerações (LEITE; FERRARI; DELIZOICOV, 2011).

Os conceitos de genética são ministrados no 9º ano do Ensino Fundamental e na 3ª série do Ensino Médio, além de diversos cursos de ensino superior como biologia, farmácia, enfermagem, agronomia, veterinária, dentre outros. É um tema interessante para a maioria dos estudantes, pois os fenótipos, como a cor da pele, dos olhos e a textura do cabelo, sempre despertaram curiosidade e interesse nos seres humanos. Um exemplo disso é que, mesmo sendo biologicamente incorreto admitir a existência de subespécies da espécie humana, ao longo da história, ocorreu separação por motivos socioideológicos dessa espécie em raças distintas (BRASIL, 2018; PENA, 2007).

Contudo, estudos mostram que a maioria dos estudantes, apesar de se interessarem por essa disciplina, considera a genética difícil de ser compreendida e assimilada, pois há uma grande quantidade de termos e conceitos necessários de serem entendidos para um aprendizado efetivo dessa ciência. Além disso, os assuntos considerados pré-requisitos para essa área, como a biologia celular e a molecular, geralmente são ministrados em séries distintas, dificultando a aplicação dos conceitos destas áreas afins para facilitar o ensino de genética. Isso faz com que o professor, por diversas vezes, tenha de voltar a abordar esses assuntos em suas aulas, sobrecarregando-o e diminuindo a quantidade de aulas disponíveis para tratar todos os assuntos de genética previstos nos documentos curriculares (MOURA, et al., 2013).

Outrossim, a dificuldade em compreender genética aumenta quando as aulas são predominantemente ministradas de forma expositiva, podendo limitar o entendimento do estudante sobre esta disciplina. Isso acontece porque há uma tendência de o ensino tradicional ocorrer de modo a desconsiderar os conhecimentos prévios dos indivíduos, sendo que tais conhecimentos, se explorados efetivamente, auxiliam na capacidade de assimilação dos novos conceitos adquiridos. Ou seja, é necessário que o docente busque metodologias que permitam a valorização dos interesses e das habilidades que os discentes já possuem para explorá-las durante o processo de ensino-aprendizagem (SANTOS; DORO; COSTA, 2020).

Sendo assim, ao escolher uma metodologia para abordar essa temática, o professor deve discernir se sua aplicabilidade eleva a eficiência do ensino de genética. Entretanto, com relação à educação básica, observa-se um predomínio do método tradicional de ensino, e o ensino de genética, em alguns casos, faz-se ineficiente, pois, segundo Santos, Doro e Costa (2020), vários discentes saem do ensino médio sem compreender assuntos essenciais para essa disciplina e, conseqüentemente, sem conseguir aplicar os conhecimentos, principalmente àqueles que fogem da genética tradicional, em seu cotidiano.

Outro problema, relacionado com a dificuldade em entender esse ramo da biologia, é que a genética é uma importante aliada das disciplinas de outras áreas de conhecimento, como, por exemplo, nas Ciências Humanas, que deve combater problemas sociais, como o racismo, porém, ao ser ministrada usando tão somente aulas expositivas e, com a mera repetição de resolução de questões tradicionais, faz com que o ensino de genética não contribua com a valorização da diversidade e com o desenvolvimento do pensamento crítico nos discentes para que eles possam rejeitar e lutar contra quaisquer formas de subjugação dos indivíduos (SANTOS; DORO; COSTA, 2020; SCHEID; FERRARI, 2006; BRASIL, 2018).

O Brasil é um país que se constituiu em um contexto de subjugação brutal de pessoas pretas, que foram escravizadas, quase sempre até a morte, por um período de 388 anos. A abolição da escravatura ocorreu em 13 de maio de 1888 com a assinatura da Lei Áurea, que apesar de tornar os indivíduos sob essas condições pessoas livres, não foi acompanhada de implementação de políticas públicas para dar-lhes condições ideais e dignas de sobrevivência, fazendo com que fossem marginalizados, o que reforçou ainda mais a segregação racial, trazendo conseqüências até os dias atuais (DOMINGUES, 2011; MONTEIRO, 2021).

Essa ideologia racial foi reforçada pelos movimentos eugênicos que surgiram em meados do século XIX, que teve Francis Galton como o principal defensor. A eugenia foi uma pseudociência baseada nos estudos da hereditariedade, de Mendel, nos estudos de evolução/seleção natural, de Charles Darwin, e nas ideias de Malthus para afirmar que a ciência tinha o papel de intervir na sociedade com o intuito de melhorar a espécie humana. Dessa forma, separavam os indivíduos em duas categorias: os desejáveis, pessoas vistas como capazes de contribuir para a economia e o avanço científico-tecnológico de uma nação, e os indesejáveis, pessoas vistas como atraso ou peso para a nação, a essas eram atribuídas toda a responsabilidade do fracasso da sociedade (DALY, 2020; CASTAÑEDA, 2003).

As pessoas consideradas indesejáveis pelos eugenistas, que variou de acordo com o país e momento histórico, mas frequentemente eram vistas como indesejáveis quaisquer pessoas pobres, com deficiências físicas ou intelectuais e pretas. Dessa forma, eles infringiam diversos direitos humanos dessas pessoas, tornando-as escravas e privando-as de terem acesso à educação, à cultura, à saúde, à alimentação e à moradia de qualidade, ou seja, lhes privavam de almejar elevar a qualidade de vida que tinham. Além disso, os eugenistas limitavam a reprodução desses indivíduos por meio da esterilização e da proibição de casamentos entre indivíduos “desejáveis” e “indesejáveis” (SHOTWELL, 2019).

Um dos exemplos de como a eugenia subjugou a espécie humana foi o holocausto. Esse movimento ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial na Alemanha e teve como líder Adolf Hitler, que foi indicado como chanceler para atender aos interesses nazistas. Durante esse período, a Alemanha passava por crises econômicas e os judeus foram apontados como os causadores de todos os problemas sociais dessa nação, o que os levou a serem subjugados, sofrendo torturas nos campos de concentração, esterilizados sem consentimento, separados de seus familiares e mortos em condições cruéis e degradantes (CURT; FERREIRA, 2021).

Com isso, podemos perceber que o conhecimento científico foi utilizado de forma distorcida e errônea pela eugenia. Os pensadores dessa ideologia a defendiam com o argumento de melhorar a espécie humana, porém, seus ideais trouxeram sofrimento aos indivíduos e causa prejuízos à sociedade até os dias atuais. Por esse motivo, é essencial que os pesquisadores e os educadores estejam comprometidos a reparar esses danos através de publicações e de uma educação de qualidade que permita o desenvolvimento do pensamento autônomo para que, caso ocorra algo similar, os cidadãos sejam capazes de rejeitar esse tipo de atitude e reivindicar o direito de todos (CURT; FERREIRA, 2021).

Apesar disso, esses problemas sociais são pouco debatidos quando se trata do ensino de genética e quando se trata de herança da cor da pele. Esses conhecimentos, quando utilizados de forma eficiente, poderiam ser importantes instrumentos para contribuir com a erradicação do racismo estrutural no Brasil. Entretanto, os recursos didáticos e a formação dos professores sobre essa temática ainda são influenciados por um modelo eugênico, além de que a herança da cor da pele é ensinada de forma incompleta, pois explica que a cor da pele é determinada apenas por uma produção maior de melanina em pessoas pretas e menor em pessoas brancas, desconsiderando todos os outros fatores que influenciam a expressão dessa característica (FRANZOLIN et al., 2020).

Nesse contexto, é essencial que o ensino de genética seja transformado dentro das escolas, desvinculando-se dos ideais eugênicos e considerando todas as condições interferentes na pigmentação da pele. Por esse motivo, o presente trabalho objetivou o desenvolvimento e a disponibilização de materiais que informem e levem aos docentes de biologia da educação básica a refletirem sobre a biologia, em particular a genética, e a relação desse conteúdo com problemas sociais. Sendo assim, com esse estudo, se almeja a publicação de um artigo informativo para o professor e uma análise de como esse assunto é abordado nos livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2021.

2. Referencial teórico

2.1 A genética da cor da pele e o ensino

A genética é uma área da biologia que tem por objeto de estudo a hereditariedade, buscando entender, dentre outras perguntas, como as características morfológicas dos indivíduos são passadas ao longo das gerações. Nesse contexto, ela se preocupa em entender o padrão de transmissão dos diferentes tipos de características, como a cor dos olhos e a cor de pele nos indivíduos (BORGES-OSÓRIO; ROBINSON, 2013).

As características físicas observáveis a olho nu sempre tiveram grande impacto na sociedade; dentre essas características, podemos destacar a cor da pele. Existem diversos tons de pele diferentes nos seres humanos, essa grande diversidade se deve à forma como a evolução humana aconteceu. Há indícios de que o ancestral da espécie humana surgiu no continente africano e que eles tinham sua pele exposta aos raios solares, o que é potencialmente prejudicial para nosso organismo (MEYER, 2017).

Sendo assim, a cor de pele escura foi uma característica favorecida pela seleção natural, pois a melanina protege o núcleo celular da radiação solar, e, assim, os danos causados pela radiação ultravioleta eram minimizados. Quando os hominídeos migraram para locais onde as incidências de raios solares eram menos intensas, a pele escura acabou se tornando uma característica desfavorável. Isso porque os raios solares têm uma grande importância no metabolismo da vitamina D, essencial para o desenvolvimento e funcionamento do organismo. Nesse novo ambiente, a seleção natural favoreceu a cor de pele clara (MEYER, 2017).

Portanto, as mutações proporcionaram uma grande variabilidade genética e as condições ambientais levaram a um sucesso reprodutivo distinto entre os diversos indivíduos que compunham a espécie, pois os mais bem adaptados a essas condições teoricamente deixaram mais descendentes férteis, o que levou ao aumento na frequência de seus alelos na população. Nesse sentido, observa-se uma grande variação dessa característica, decorrente da combinação dos genótipos que controlam a produção dos tipos de melanina, sua proporção no meio intracelular e a ação do meio ambiente sobre o tegumento humano. Sendo assim, podemos afirmar que existem diversos fatores que influenciam na tonalidade da pele de indivíduo, dentre eles estão os genes envolvidos na melanogênese, o ambiente, o sexo, dentre outros (NICOLETTI et al., 2002).

A melanina é um pigmento sintetizado e armazenado nos melanócitos, células localizadas na epiderme e especializadas na produção desse pigmento, mais especificamente dentro de uma organela denominada de melanosomo. A principal função da melanina é proteger o núcleo celular, mais especificamente a integridade do material genético, em particular as moléculas contidas da pele do indivíduo e, com isso, evitar mutações (SOUSA, 2020).

Nos seres humanos encontramos dois tipos diferentes de melanina: a feomelanina e a eumelanina. A eumelanina apresenta uma coloração mais escura, entre marrom e preta, enquanto a feomelanina é um pigmento mais claro, entre amarelado e vermelho. A proporção entre esses pigmentos está relacionada a coloração de cabelos, olhos e pele. Outras diferenças quanto a distribuição, formato e empacotamento desses pigmentos também estão relacionados com o espectro de coloração da pele (SOUZA, 2020).

A síntese desses diferentes tipos de pigmentos, a melanogênese, inicia-se de maneira equivalente nos melanócitos, que estão localizados na epiderme e nos folículos pilosos. As

proteínas e enzimas envolvidas nesse processo ficam armazenadas no interior dos melanossomos (LIN; FISHER, 2007). Nessas organelas, a melanogênese é iniciada quando o aminoácido tirosina é convertido, pela ação de enzimas do tipo tirosinase, em uma molécula chamada 3,4-di-hidroxifenilalanina (DOPA). Após a essa conversão, a oxidação continua fazendo com que a molécula DOPA seja transformada em dopaquinona. Depois de ser convertida em dopaquinona, a molécula pode seguir duas vias metabólicas distintas, o que determina o tipo de melanina que será produzida. Caso haja adição de cisteína na dopaquinona, teremos a produção da feomelanina, mas se a dopaquinona for convertida em dopacromo, teremos a síntese de eumelanina (LIN; FISHER, 2007).

A variação e herança da cor da pele são do tipo complexa isso é, depende de diversos genes, além de fatores ambientais, sendo que tem uma expressão qualitativa, mostrando ampla gama de cores ao longo da espécie. Estima-se hoje que ao menos 650 genes estão relacionados a cor da pele, sendo que alguns são considerados de efeitos principais, e, a maioria são considerados de efeitos secundários. Os genes principais são aqueles em que determinados alelos podem estar associados com bloqueio metabólico e os secundários com a variabilidade em geral. Um mesmo gene pode ter papel principal e secundário, como, por exemplo, o gene OCA2. Alguns alelos desse gene são encontrados em pessoas com albinismo e outros alelos diferentes, estão relacionados com variação nos tons de pele. Fatores ambientais, como a exposição solar e pH celular, também tem influência no processo de melanogênese. Dependendo da intensidade, a exposição ao sol pode levar o melanossomo a desencadear a apoptose (morte celular), enquanto variações no pH podem interferir no funcionamento das enzimas e proteínas envolvidas na síntese da melanina. (PAVAN; STURM, 2019; FRANZOLIN et al., 2020).

O ensino nas escolas se apoia prioritariamente em materiais didáticos, sendo mais comum o uso de livros. Eles têm por função auxiliar o professor e facilitar a mediação do processo ensino-aprendizagem, já que além de ter recursos teóricos, o livro apresenta imagens e esquematizações que facilitam o entendimento do aluno. Porém, muitos livros abordam o assunto “cor da pele” de maneira incompleta, desconsiderando a existência dos diferentes tipos de melanina encontrados nos seres humanos, os fatores ambientais que são importantíssimos para a expressão das características e tratando essa característica como oligogênica, isso é relacionada a poucos genes (FRANZOLIN et al., 2020).

Outro ponto importante a ser tratado é o fato de que a maneira como a herança da cor da pele é abordada nas escolas baseia-se em um modelo antigo e influenciado pela eugenia. A eugenia surgiu no final do século 19 e tinha como objeto de estudo o “melhoramento das características morfológicas e comportamentais humanas”. Esse movimento acabou gerando discriminação de pessoas que eram consideradas “anormais”, como pobres, negros, deficientes físicos e mentais (SHOTWELL, 2019; TEIXEIRA; SILVA, 2017).

Os eugenistas acreditavam que as raças deveriam permanecer puras para que os “genes ruins” se mantivessem restringidos aos conjuntos de indivíduos de onde essas características teriam surgido e, por esse motivo, proibiam casamentos entre raças diferentes e até realizavam procedimentos de esterilização nos indivíduos considerados “inaptos” para se reproduzirem, justificando esse comportamento na ideia de que esses cruzamentos eram desarmônicos e causavam prejuízos à sociedade. Os eugenistas acreditavam que os negros tinham capacidade intelectual inferior à dos brancos; apoiados à essa e outras ideologias, diversos países, como por exemplo o Brasil e os Estados Unidos, historicamente tiveram comportamentos extremamente racistas (SHOTWELL, 2019).

Considerando o impacto negativo que o uso de materiais inadequados causa no ensino, é essencial a produção de recursos e materiais didáticos que se preocupem com uma educação adequada e que permita que o estudante desenvolva o pensamento crítico sobre a ciência. Além disso, o ensino da herança da cor da pele desvinculado da eugenia potencialmente contribui para a redução da exclusão social e do racismo (SHOTWELL, 2019).

2.2 O entendimento da importância do ensino das bases biológicas da pigmentação da pele

O entendimento das bases biológicas da cor da pele é um instrumento essencial para o combate de problemas sociais relacionados com essa característica fenotípica. Ao analisarmos a história de diversas nações, fica evidente a importância que fora dada a pigmentação do tegumento humano, gerando conflitos e sofrimento aos indivíduos com base em suas aparências. No Brasil, há uma grande diversidade de tonalidades de pele devido a combinação de genes de diferentes povos e condições ambientais que possibilitou o surgimento dessa gama de tonalidades. Porém, mesmo com essa grande variedade fenotípica, brasileiros ainda sofrem consequências de uma sociedade racista, sendo urgente a erradicação desses problemas sociais que permeiam essa temática (PAULA; ARAÚJO, 2021).

Esses problemas sociais são reflexos de um país colonizado em um contexto de subjugação de povos, pois os europeus traziam africanos para serem escravizados e tratados como “inferiores” aos brancos. A sociedade brasileira foi formada sob esse contexto de violência praticada contra os negros, que, após a escravatura, foram marginalizados e impedidos de terem acesso a empregos e a direitos básicos, como a educação (PAULA; ARAÚJO, 2021).

Nesse contexto, a educação é fundamental para o combate ao racismo. No entanto, esse instrumento também enfrenta em seus espaços uma das ramificações do racismo, o racismo estrutural. Essa é uma forma social de segregação e de valorização de um grupo étnico em detrimento de outro, afetando particularmente a vida dos indivíduos de pele preta, que sofrem com discriminações, como, por exemplo, a violência nas abordagens policiais, isolamento social, bullying e até homicídios cometidos por causa da pigmentação de sua pele. Esses crimes se baseiam em críticas que vão dos fenótipos até suas crenças e convicções, ou seja, a identidade e a dignidade deles foram brutalmente roubadas. Dessa forma, é dever do Estado utilizar as ferramentas disponíveis, como a educação, para combater o racismo, além de reparar os danos causados pelo racismo estrutural através de políticas públicas que garantam a equidade a todos os indivíduos (RAPOSO; ALMEIDA; SANTOS, 2021).

Apesar de sabermos a importância da educação na transformação da sociedade, os recursos didáticos utilizados na educação brasileira ainda supervalorizam a cultura branco/europeia em detrimento da cultura afrodescendente, demonstrando que é necessária maior adequação dos materiais pedagógicos para possibilitar o desenvolvimento das habilidades previstas nos documentos curriculares (RAPOSO; ALMEIDA; SANTOS, 2021). Os documentos curriculares norteadores da educação brasileira preveem a valorização da cultura afrodescendente, como as habilidades abaixo dispostas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC):

(EM13CHS102) Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos

(EM13CHS102) Identificar, analisar e discutir as circunstâncias históricas, geográficas, políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais de matrizes conceituais (etnocentrismo, racismo, evolução, modernidade, cooperativismo/desenvolvimento etc.), avaliando criticamente seu significado histórico e comparando-as a narrativas que contemplem outros agentes e discursos.

Além das habilidades acima, que se encaixam dentro das competências das ciências humanas, ainda temos habilidades descritas dentro das competências das ciências da natureza, como:

(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade (BRASIL, 2018).

Podemos concluir, então, que mesmo a educação apresentando falhas na valorização da diversidade e no combate ao racismo, os próprios documentos norteadores reconhecem a importância da educação nessa luta. Com relação ao ensino de genética, esse poderia potencialmente ser utilizado nessa luta, mas é um conteúdo que é visto como “difícil” e desvinculado da sociedade. Exemplo disso é que a discussão dos padrões de herança é muitas vezes abordada tendo como referência com espécies que não fazem parte do cotidiano dos estudantes, como as cores de ervilhas ou dos olhos de moscas. Essa distância do que é aprendido dificulta a aprendizagem, pois, faz com que o que é ensinado se torne desinteressante pela falta de significação e aplicação dos conceitos assimilados (BAIOTTO; LORETO, 2018).

Sendo assim, é essencial que os profissionais da educação tenham acesso às pesquisas realizadas e aos recursos didáticos disponíveis para a abordarem esses assuntos de forma significativa e interdisciplinar.

3 Objetivos

3.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente trabalho foi contribuir na formação continuada dos professores quanto aos aspectos do conhecimento científico atual sobre a variação da cor da pele em humanos, com enfoque nos problemas sociais que permeiam essa temática e, conhecer e analisar como esses assuntos são abordados pelo PNL D 2021.

Objetivos específicos

- a. Fazer um levantamento e avaliar como os atuais livros-textos, utilizados no ensino médio, apresentam o tema a variação da cor da pele.
- b. Explorar literatura científica e elaborar um artigo de revisão voltado ao público docente, em português, sobre a importância de utilizar o contexto da herança da cor da pele para trabalhar temas sensíveis como racismo e eugenia, onde seja discutido que a forma que esse assunto é abordado hoje ainda é vinculada a um modelo eugênico.

4 Metodologia

O cerne deste trabalho consistiu na indagação pelo entendimento aprofundado e crítico dos artigos existentes na literatura pertinentes para a compreensão do tema pesquisado. Portanto, a metodologia adotada objetivou a compreensão de como ocorre o ensino e o fortalecimento de uma fundamentação sólida que subsidiou a escrita do artigo e a análise das coleções aprovadas pelo edital de 2021 do PNL D para o ensino médio.

O artigo foi redigido em linguagem de divulgação científica, pois objetivou-se acessar diretamente o público-alvo, que são os professores de biologia. Depois de finalizado, o artigo será submetido a uma revista de divulgação científica, por exemplo, a revista *Genética na escola*, que tem como uma de suas sessões a “Genética e Sociedade” que visa:

“Relatar situações em que o conhecimento científico em Genética e Biologia Evolutiva tem desdobramentos na tecnologia, ou na indústria, na saúde, na natureza ou, de modo geral, na qualidade de vida das populações. Os textos também podem trazer reflexões sobre como fatores sociais (economia, legislação, religião, ética) interferiram ou interferem nas pesquisas científicas. Os textos devem estimular a reflexão sobre as relações do conhecimento científico com fatores socioculturais. Essa seção também se destina a divulgar a relevância histórica de instituições e pesquisadores eminentes”

A metodologia para o desenvolvimento do artigo teve como base a pesquisa bibliográfica. Para tanto foram utilizados materiais acessados via internet em plataformas como Google Acadêmico, Medline, SciELO, Portal da CAPES e outras revistas científicas em língua portuguesa e inglesa, preferencialmente aqueles publicados a partir 2018. Considerando o viés histórico do presente trabalho, materiais mais antigos também foram considerados quando pertinentes.

Os assuntos investigados foram:

- a. livros didáticos aprovados pelo PNLD 2021 – Ciências da Natureza;
- b. bases biológicas da cor da pele (melanogênese, etc.);
- c. bases genéticas da cor da pele (herança, poligenia, sequências didáticas que tratam a cor da pele);
- d. bases históricas (eugenia e racismo).

Os livros de ciências da natureza, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) pelo edital de 2021, para o ensino médio, foram analisados com o objetivo de compreender como herança da cor da pele está sendo abordada nesse recurso didático. As coleções foram encontradas no site denominado de Guia Digital – PNLD disponível no link: <<https://pnld.nees.ufal.br/>> e para baixá-los foi necessária a utilização do código de acesso disponibilizado pelo diretor da escola em que a autora leciona.

No edital do PNLD 2021, foram explicitados os parâmetros utilizados para a seleção dos livros, em que, dentre outras exigências, especificava que as obras teriam que abordar os assuntos dessa área de conhecimento de forma integrada (BRASIL, 2021). O quadro abaixo apresenta as coleções que foram aprovadas pelo edital publicado em 2021:

Quadro 1 – Livros de Ciências da Natureza – PNLD 2021

Nome da coleção	Ano de Publicação e Editora
Conexões – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	Moderna, 2020
Diálogo – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	Moderna, 2020
Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar	Scipione S. A., 2020
Moderna Plus – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	Moderna, 2020
Multiversos – Ciências da Natureza	FTD S.A., 2020
Ser Protagonista Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	Edições SM LTDA, 2020

Fonte: Adaptado de Leal (2020).

A pesquisa realizada com as obras supracitadas trata-se de uma análise qualitativa dos materiais aprovados pelo edital citado e a técnica utilizada para a avaliação documental foi a análise de conteúdo segundo Laurence Bardin (CÂMARA, 2013). Essa técnica conta com 3 fases principais, que são: a pré-análise, exploração dos materiais e tratamento e interpretação dos resultados obtidos.

A pré-análise é importante para conhecer e selecionar o material será utilizado na pesquisa, além da formulação de hipóteses e dos objetivos da análise. A segunda etapa se trata da exploração do material, onde o pesquisador deverá codificar e categorizar os materiais que estão sendo analisados. Por fim, a terceira etapa se trata da interpretação dos resultados obtidos que podem ser demonstrados com o auxílio de quadros, tabelas, gráficos, dentre outros (MENDES, MISKULIN, 2017).

Dessa forma, uma das primeiras pesquisas realizadas para entender o PNLD 2021 disponibilizados para o ensino de ciências da natureza no ensino médio, foram os critérios de aprovação das coleções pelo edital e como os assuntos eram organizados nas obras produzidas pelas editoras aprovadas.

Nesse sentido, verificou-se que as obras tiveram, obrigatoriamente, que contemplar orientações para os docentes e possibilitar o desenvolvimento das habilidades previstas na BNCC através da realização das atividades propostas (BRASIL, 2021). Ademais, cada editora teve que enviar obras contendo 6 volumes, com distintas versões para professores e alunos, sendo separados em diferentes unidades temáticas. Os quadros abaixo (Quadros 2 a 9) apresentam a organização dos livros nas diferentes obras:

Quadro 2 - Ciências da Natureza – Lopes & Rosso - 0194P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	Evolução e Universo	0194P21203133IM
2	Energia e Consumo Sustentável	0194P21203134IM
3	Água, Agricultura e Uso da Terra	0194P21203135IM
4	Poluição e Movimento	0194P21203136IM
5	Corpo Humano e Vida Saudável	0194P21203137IM
6	Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas	0194P21203138IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Quadro 3 - Conexões – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0199P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	Matéria e Energia	0196P21203133IM
2	Energia e Ambiente	0196P21203134IM
3	Saúde e Tecnologia	0196P21203135IM
4	Conservação e Transformação	0196P21203136IM
5	Terra e Equilíbrios	0196P21203137IM
6	Universo, Materiais e Evolução	0196P21203138IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Quadro 4 - Diálogo – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0196P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	Universo da Ciência e a Ciência do Universo	0196P21203133IM
2	Vida na Terra: Como é possível?	0196P21203134IM
3	Terra: Um Sistema Dinâmico de Matéria e Energia	0196P21203135IM
4	Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária	0196P21203136IM
5	Ser Humano: Origem e Funcionamento	0196P21203137IM
6	Ser Humano e Meio Ambiente: Relações e Consequências	0196P21203138IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Quadro 5 – Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar - 0181P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	Origens: O Universo, a Terra, e a Vida	0181P21203133IM
2	Evolução, Biodiversidade e Sustentabilidade	0181P21203134IM
3	Materiais, Luz e Som: Modelos e Propriedades	0181P21203135IM
4	Materiais e Energia: Transformação e Conservação	0181P21203136IM
5	Desafios Contemporâneos das Juventudes	0181P21203137IM
6	O Mundo Atual: Questões Sociocientíficas	0181P21203138IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Quadro 6 – Moderna Plus – Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0198P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	O Conhecimento Científico	0198P21203133IM
2	Água e Vida	0198P21203134IM
3	Matéria e Energia	0198P21203135IM
4	Humanidade e Ambiente	0198P21203136IM
5	Ciência e Tecnologia	0198P21203137IM
6	Universo e Evolução	0198P21203138IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Quadro 7 – Multiversos – Ciências da Natureza - 0221P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	Matéria, Energia e Vida	0221P21203133IM
2	Movimentos e Equilíbrio na Natureza	0221P21203134IM
3	Eletricidade na Sociedade e na Vida	0221P21203135IM
4	Origens	0221P21203136IM
5	Ciência, Sociedade e Ambiente	0221P21203137IM
6	Ciência, Tecnologia e Cidadania	0221P21203138IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Quadro 8 – Ser Protagonista - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias - 0201P21203

Vol.	Título	Código do Manual do Professor
1	Composição e Estrutura dos Corpos	0201P21203133IM
2	Matéria e Transformações	0201P21203133IM
3	Energia e Transformações	0201P21203133IM
4	Evolução, Tempo e Espaço	0201P21203133IM
5	Ambiente e Ser Humano	0201P21203133IM
6	Vida, Saúde e Genética	0201P21203133IM

Fonte: Ministério da educação (2021).

Apesar de a presente pesquisa buscar entender como ocorreu a organização dos assuntos nas coleções, vale ressaltar que a análise de conteúdo ocorreu apenas nos livros que abordavam as temáticas pertinentes para o presente estudo, como a evolução humana, a genética e problemas sociais envolvendo a coloração da pele. Sendo assim, através da leitura flutuante, os materiais foram selecionados de acordo com o conteúdo que apresentavam em seus textos e atividades (CÂMARA, 2013).

Ademais, a análise foi realizada nos livros destinados aos professores, entretanto, verificou-se que os textos e atividades avaliados eram equivalentes nas versões para os professores e para os estudantes. Os critérios utilizados para analisar o conteúdo dos livros supracitados foram estabelecidos a partir dos resultados da pesquisa na literatura existente e os seguintes pontos foram considerados:

- a. Presença de erros conceituais envolvendo o tema;
- b. Abordagem do assunto (com clareza e conhecimento atualizado);
- c. Alusão à eugenia e sua relação com a pigmentação da pele;
- d. Conhecimento da evolução humana em articulação com o entendimento genético da cor da pele, da variabilidade genética e no combate ao racismo;

Os pontos observados foram selecionados por estabelecerem ligação com o entendimento atual sobre a cor da pele. Conhecimentos acerca da evolução humana podem auxiliar o entendimento sobre a origem da espécie humana a partir de um mesmo ancestral e sobre a inexistência de distinção considerável no material genético que permita a definição de subespécies.

4.1 Recursos didáticos para o ensino da pigmentação da pele: Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)

Os recursos didáticos são essenciais para o planejamento do professor, pois são materiais que são aliados do docente no ensino dos conceitos e para proporcionar oportunidades de desenvolvimento aos discentes das habilidades previstas nos documentos curriculares. Esses materiais visam facilitar o fazer pedagógico do professor e aumentar a qualidade do ensino nas escolas (MANTOVANI, 2009).

O recurso didático mais utilizado pelo professor nas escolas é o livro didático, que é, por diversas vezes, a principal fonte de consulta e instrumento com textos e atividades. Tendo em vista a importância desse material no ensino, foi implementado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) em 1985, que objetiva a disponibilização de livros para todos os alunos e professores das escolas públicas brasileiras. Após sua implementação, esses materiais frequentemente passam por aprimoramentos para adequar os assuntos e a forma como eles serão abordados (MANTOVANI, 2009).

Apesar dos livros passarem por avaliações antes de serem comprados e distribuídos nas escolas, ainda há diversas limitações e conceitos desatualizados sobre o assunto. Além disso, o excesso de simplificações dificulta a compreensão real do conhecimento científico e sua transformação ao longo do tempo (MANTOVANI, 2009). Essa problemática também atinge o ensino de biologia, essencialmente quando se refere ao ensino de genética, por exemplo, que ocorre por diversas vezes com a exposição de heranças tratadas como de padrão monogênico e determinista, desconsiderando os diversos fatores que interferem na expressão das características fenotípicas (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018).

Outro obstáculo encontrado nos livros didáticos, com relação ao ensino da biologia, é a falta de significação e contextualização. Já que os exemplos utilizados, em sua maioria, são relacionados a seres vivos que não fazem parte do cotidiano do discente. Nesse contexto, temáticas envolvendo características fenotípicas humanas se tornam muito mais atrativas, já que são assuntos interessantes e facilmente observados pelos alunos na sociedade (BAIOTTO; LORETO, 2018).

Ademais, a herança da cor da pele é um dos assuntos que pode facilitar a compreensão acerca da transmissão das características ao longo das gerações e é uma condição que pode ser abordada no ensino de genética do ensino médio. Apesar de existirem pesquisas que comprovem os fatos expostos acima, há pequena quantidade de textos e atividades que abordam a herança da cor da pele de forma adequada e que visem reduzir os conflitos sociais que envolvem a pigmentação da pele (BAIOTTO; LORETO, 2018).

5 Resultados e Discussão

5.1 Análise da abordagem da biologia da cor da pele nas coleções aprovadas pelo PLND para ciências da natureza no ano de 2021

Tendo em vista a grande importância do ensino da biologia da cor da pele na educação básica e da diferença que a presença de recursos didáticos adequados faz no planejamento das aulas que serão ministradas pelos professores, os livros didáticos aprovados pelo último edital do PNLND foram analisados com o intuito de compreender como esses assuntos têm sido tratados nesses materiais.

Os critérios que foram utilizados para avaliação dos recursos pedagógicos disponibilizados pelo PNLD 2021 basearam-se na problematização levantada na investigação proposta por essa pesquisa, que girou em torno do entendimento de como ocorre o ensino da herança da cor da pele na educação básica e se a forma de se abordar esse assunto é capaz de amenizar os problemas sociais que emergem dessa temática.

Após analisar os materiais selecionados, evidenciou-se que, apesar da BNCC dispor sobre a necessidade da utilização do conhecimento de genética no combate ao racismo e à segregação racial, determinadas habilidades não serão totalmente desenvolvidas a contento, se professor opte por aplicar somente as atividades contidas nas obras escolhidas. Observou-se que há poucos apontamentos dedicados à essa temática na seção de genética, e que, os textos que discorrem sobre a variação da cor da pele estão mais voltados para os problemas sociais, o que é muito importante, porém, não estabelecem relação com a herança multifatorial que explica a variação pigmentação da pele.

Outra limitação encontrada foi a falta de articulação dos conceitos da evolução humana com a pigmentação da pele, já que genética e evolução humana são ensinadas de forma desconectada em capítulos e até mesmo em volumes distintos. Nesse contexto, exige-se ainda mais esforço por parte do docente na busca de proporcionar em suas aulas uma compreensão que reúna os conhecimentos sobre a variação fenotípica da pigmentação da pele na espécie humana e a seleção dessas características de acordo com a adaptação ao meio. Consideramos que isso contribui para o combate ao racismo e à eugenia, pois, como foi exposto anteriormente nesse trabalho, é importante enfatizar no ensino da biologia da cor da pele que não há pigmentação melhor que outra, mas sim a considerada mais adaptada a atingir o sucesso reprodutivo em um ambiente específico e que essa característica é multifatorial.

Nessa perspectiva, o quadro 9, descreve o resultado da análise das obras de biologia disponibilizadas para os professores pelo PNLD.

Quadro 9 - Resultado da análise das obras do PNL D - 2021

Critérios avaliados	Obras						
	Conexões	Lopes & Rosso	Diálogo	Matéria, Energia e Vida	Moderna Plus	Multiversos	Ser Protagonista
Aborda a genética da pigmentação da pele							
Apresenta erros conceituais sobre o tema					X		
Predominância de exemplos de herança de padrões monogênicos	X	X	X	X	X	X	X
Discorre sobre heranças poligênicas	X	X	X	X	X	X	X
Aborda a genética da cor da pele no tema heranças poligênicas							
Alude sobre eugenia e sua relação com a pigmentação da pele	X	X		X			
Versa sobre a espécie originalmente ter a pele preta	X	X					
Disserta sobre a inexistência de raças na espécie humana			X	X	X		
Há conexão entre os assuntos de evolução humana e genética da cor da pele							
Cita sobre a origem da espécie humana e a relação da diversidade fenotípica com o meio	X	X	X	X	X	X	X
Discute de forma implícita ou explícita sobre o processo de adaptação humana não ser linear	X	X	X	X	X	X	X

Fonte: Autoria própria.

Com base nos resultados apresentados no quadro acima, nas seções seguintes iremos discutir os critérios estabelecidos e como os problemas encontrados podem dificultar a compreensão dessa temática.

Apresenta erros conceituais sobre o tema

Ao analisar os textos e atividades propostas pelos livros, procurou-se por erros conceituais, como, por exemplo, o excesso de simplificações envolvendo o número de genes que influenciam no estabelecimento da pigmentação da pele, erros relacionados com a quantidade de melanina (maior quantidade em pele escura e menor quantidade em pele branca) e nomenclaturas ultrapassadas para descrever as colorações como representados pela figura 1:

GENÓTIPO	FENÓTIPO
AABB	Negro
AABb; AaBB	Mulato-escuro
AAbb; AaBb; aaBB	Mulato-médio
Aabb; aaBb	Mulato-claro
aabb	Branco

Fonte: Siqueira; Silva (2015).

Figura 1 – Imagem retrata o modelo utilizado para representar os genótipos e os fenótipos envolvidos na coloração da pele.

Entretanto, em todos os livros disponibilizados, foi possível perceber que os autores retiraram a genética da cor da pele da seção sobre herança quantitativa, sendo que apenas um dos livros citou a quantidade de genes em um texto cuja ideia central era a inexistência de raças na espécie humana. Apesar de ser um texto importante, observa-se que a quantidade de genes citados como envolvidos nessa expressão fenotípica está equivocado, como podemos observar na figura 2. O número de genes descritos pelo texto da editora Moderna Plus é limitado e está em desacordo com o conhecimento científico atual que descreve a existência de cerca de 650 genes envolvidos na pigmentação da pele (PAVAN; STURM, 2019).

[...] As características físicas desses grupos [as raças] na realidade representam adaptações morfológicas ao meio ambiente, sendo assim produtos da seleção natural agindo sobre um pequeno número de genes. Acredita-se, por exemplo, que dois fatores seletivos servem para adaptar a cor da pele aos níveis de radiação ultravioleta do ambiente geográfico: a destruição do ácido fólico quando é excessiva e a falta de síntese de vitamina D3 na pele quando ela é insuficiente. A cor da pele é determinada pela quantidade e tipo do pigmento melanina na derme, que são controlados por poucos genes **de quatro a seis**), dos quais o mais importante parece ser o gene do receptor do hormônio melanotrópico.

Fonte: Amabis et. al. (2020).

Figura 2 – A imagem representa um trecho retirado do texto denominado de “Receita para uma humanidade desracializada”. Nesse texto, a obra explica que a cor da pele é controlada por quatro a seis pares de genes, o que está equivocado.

Predominância de exemplos de heranças de padrões monogênicos e discorre sobre heranças poligênicas

Sabe-se que o ensino de heranças de padrões monogênicos é importante para o discente que ainda não domina bem os conceitos de genética, pois, são mais fáceis de serem compreendidos e geralmente são ministrados antes das heranças multifatoriais. Apesar disso, o excesso de simplificações e a utilização de exemplos que não fazem parte do cotidiano do aluno faz com que ele entenda a genética de uma forma limitada e determinista, já que sabemos que são poucas as heranças que seguem esse padrão, sendo que a maioria das características fenotípicas são heranças complexas.

Nesse contexto, verificamos que a maioria das características descritas nas obras foram as que apresentam padrão monogênico, sendo que poucos textos foram destinados às características que fogem desse padrão, como representado na figura 3.

Capítulo 6	Genética	129
Cromossomos eucariontes		130
Código genético		131
Ciclo celular – mitose		132
Meiose		133
Comunicando ideias		136
A primeira lei de Mendel		136
A segunda lei de Mendel		140
Comunicando ideias		141
Estudo de genealogias		142
Outros tipos de herança		145
Engenharia Genética		148
Comunicando ideias		150
Interligações – Bioética		150
Fique por dentro		150
Atividades finais		151
Ponto final		153
Respostas das atividades e atividades finais		154

Fonte: Thompson et. al. (2020).

Figura 3 – Sumário representando a quantidade de páginas destinadas aos padrões de heranças.

A Figura 3 foi retirada do volume 5 da obra denominada “Conexões”, da Editora Moderna, e mostra que apenas três páginas foram destinadas a outras heranças. No sumário podemos perceber a quantidade de páginas destinadas às heranças que se aplicam ao padrão da primeira e segunda lei de Mendel.

Além do número de páginas, ao analisar os textos há muitas exemplificações de padrões monogênicos: características das ervilhas (cores e texturas), heranças autossômicas dominantes e recessivas (incluindo albinismo), heranças ligadas ao cromossomo X (o exemplo utilizado foi o daltonismo), dominância incompleta (*Mirabilis sp.*), codominância (pelagem do gado Shorthorn), sistema ABO e sistema Rh. Já as heranças que são influenciadas pela interação de mais de uma parte de gene, somente são descritas as epistasias (cor da pelagem de cães labradores) e em um parágrafo citam a existência de heranças poligênicas, mas não explicitam como elas ocorrem. Como demonstrado na figura 4. Nesse trecho, a cor da pele é apenas citada.

Herança poligênica ou quantitativa

Muitas características dos organismos são determinadas por genes que atuam de forma quantitativa, ou seja, a partir da soma de seus efeitos. Nesse caso, fala-se de **herança quantitativa** ou **herança poligênica**. Como não há dominância entre os alelos, ocorre a graduação dos fenótipos. Estatura, massa corpórea e cor da pele em seres humanos são exemplos desse tipo de interação gênica. Nos casos de herança poligênica, geralmente os fenótipos sofrem forte influência de fatores ambientais. Estatura e massa corpórea, por exemplo, são influenciados pela alimentação e grau de atividade física, enquanto a cor da pele é bastante influenciada pela exposição à radiação solar.

vermelho de 1988.

Fonte: Thompson et. al. (2020).

Figura 4 – Trecho onde a cor da pele foi citada dentre os exemplos de herança poligênica.

Ressalta-se que, apesar de utilizar imagens para demonstrar as afirmações acima apenas de uma das obras, o que foi encontrado nas outras coleções são exemplificações parecidas e que as quantidades de textos dedicados à heranças não monogênicas seguem o mesmo padrão nas demais obras.

Aborda a herança da cor da pele em heranças poligênicas

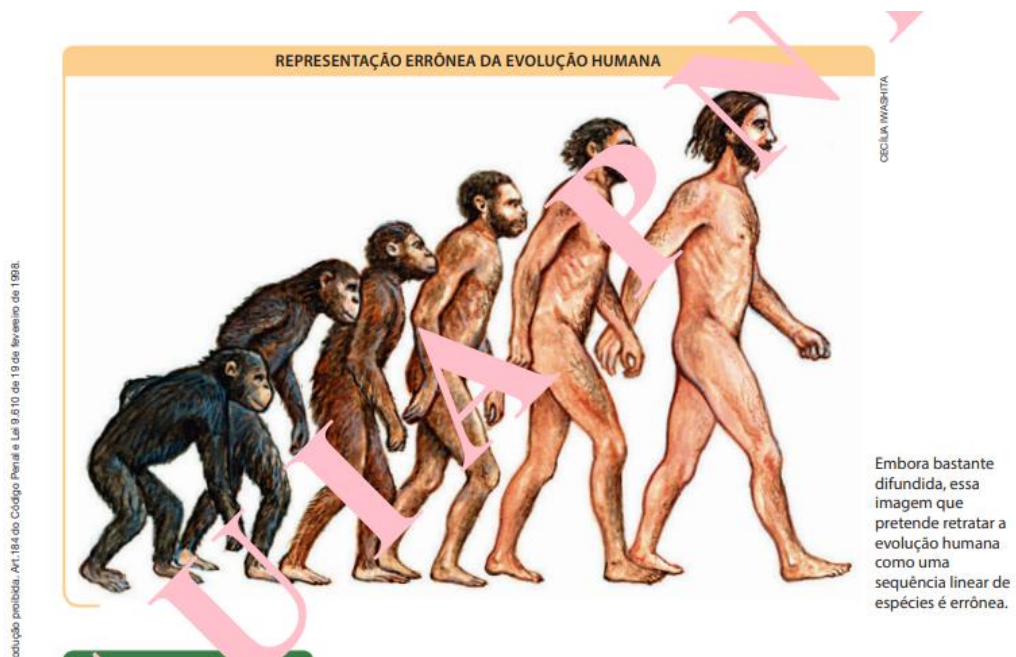
Após analisar as seções destinadas às heranças poligênicas, foi possível observar que a genética da cor da pele foi retirada dos livros didáticos que foram distribuídos pelo PNLD, o que é bastante curioso, já que se trata de uma característica fenotípica de grande destaque nas discussões sociais e que desperta bastante interesse nos discentes (TEIXEIRA; SILVA, 2017). Sob essa perspectiva, destaca-se que, por um lado, não abordar os erros apontados nas literaturas existentes sobre o ensino da cor da pele (excesso de simplificações baseadas no modelo eugenista) é algo positivo, já que evita que os estudantes compreendam essa característica fenotípica de forma errônea e limitada. Por outro, deixar de tratar esse assunto nas aulas de genética contribui negativamente para a não reparação dos danos causados pelo uso indevido do conhecimento científico para justificar o racismo. Sendo assim, entende-se que há um prejuízo na falta de recursos didáticos disponíveis para o ensino de genética da cor da pele, pois ignora os benefícios que a compreensão dessa temática pode proporcionar à sociedade.

Evolução humana e genética da cor da pele

Como citado na seção anterior, a genética da cor da pele foi retirada dos livros didáticos, sendo que estes apenas citam a cor da pele como uma herança poligênica. Entretanto, não há explicações sobre os fatores que influenciam nessa característica, por esse motivo não há conexão entre as duas temáticas. Apesar disso, é perceptível que os autores se

preocuparam em explicitar na seção de evolução que a espécie humana teve origem de um ancestral comum africano e que o meio foi essencial para a seleção da pigmentação da pele.

Nessa perspectiva, fica evidente que os materiais explicam que não há característica fenotípica superior à outra, e sim, mais aptas a permitir que o indivíduo que a contém consiga chegar na fase reprodutiva e gerar descendentes, fazendo com que seus alelos continuem subsistindo na população. Outrossim, as obras enfatizam que a espécie humana teve origem de um ancestral em comum originário do continente Africano, além de esclarecer que o processo evolutivo não ocorreu de forma linear e tão pouco com finalidade específica, o que desvincula a evolução da intencionalidade e da ideia de progresso. As figuras 6 e 7 retratam as abordagens dessa temática em duas coleções distintas.



Fonte: Thompson et. al. (2020).

Figura 5 – A imagem apresenta uma crítica à ilustração antiga da evolução humana de forma linear

Evidências fósseis, genéticas e moleculares têm se somado para desvendar nossas possíveis relações de parentesco evolutivo com os grandes macacos. A classificação e a nomenclatura desses grupos expressam essas relações (Tab. 1) (Fig. 1).

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DOS PRIMATAS			
Ordem Primates	Subordem Prosimii ou Strepsirrhini	Infraordem Lemuriformes: lêmures.	
		Infraordem Lorisiformes: lóris, gálagos e indris.	
	Subordem Tarsiiformes: társios.		
	Subordem Anthroipoidea	Infraordem Platyrrhini: macacos do Novo Mundo (ex.: saguis, macacos-pregos etc.).	
		Infraordem Catarrhini	
		Superfamília Cercopithecoidea: macacos do Velho Mundo (ex.: babuínos, mandris, colobos etc.).	
		Superfamília Hominoidea	
		Família Hylobatidae: gibão.	
		Família Hominidae: grandes símios.	
		Subfamília Ponginae: orangotangos (gênero <i>Pongo</i>).	
Subfamília Homininae: gorilas (gênero <i>Gorilla</i>), chimpanzês e bonobos (gênero <i>Pan</i>) e seres humanos (<i>Homo sapiens</i>).			

Fonte: adaptada de MAYR, E.; BOCK, W. J. Classifications and other ordering systems. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, v. 40, n. 4, p. 169-194, dez. 2002.

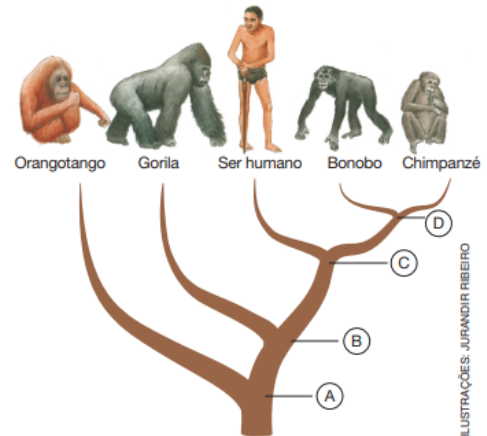


Figura 1 Representação da árvore filogenética da espécie humana e das espécies atuais de grandes macacos. (A) Ancestral comum da família Hominidae. (B) Ancestral comum da subfamília Homininae. (C) Ancestral comum dos gêneros *Pan* e *Homo*. (D) Ancestral comum de chimpanzês e bonobos. Confira as bifurcações da árvore com a classificação e a nomenclatura das espécies, mostradas na tabela ao lado.

Fonte: Amabis et. al. (2020).

Figura 6 – A obra traz a imagem sobre a evolução humana, que, apesar de não apresentar as diferentes espécies de homínídeos coexistindo, derruba a ideia de que a evolução ocorreu de forma linear.

5.2 Artigo de divulgação científica sobre a biologia da cor da pele

Além da análise dos livros didáticos aprovados pelo PLND, o presente trabalho gerou como produto um artigo de divulgação científica, isto é, um artigo no qual se busca transmitir as informações com clareza e de forma objetiva para que o leitor tenha acesso ao material consiga entender facilmente a ideia transmitida. Esse artigo tem como público alvo os professores de genética, mas também é destinado a todos aqueles que se interessarem pela temática, sendo que os assuntos abordados são de grande relevância social para a compreensão da constituição e pigmentação da pele humana.

A produção desse material foi possível através da execução de diversas etapas, como a seleção das publicações científicas que forneceram o embasamento teórico para sua construção. Esse material será publicado em revista científica para que os professores possam atualizar o conhecimento sobre esse assunto e abordar a temática nas aulas que ministrarão.

Utilizando esse material, o docente consegue se atualizar sobre diferentes assuntos, como histologia da pele, bioquímica (melanogênese), heranças poligênicas, evolução humana, dentre outros. O artigo está disponível no final do presente trabalho, no Apêndice A.

6 Considerações finais

Neste trabalho postulamos que há uma grande necessidade de se trabalhar conteúdos sobre a cor da pele e os problemas sociais que permeiam essa característica fenotípica nas disciplinas cursadas na educação básica. Entendemos a educação como instrumento transformador que o Estado deve lançar mão para intermediar os conflitos existentes na sociedade, principalmente quando se trata de um problema que envolve prejuízos históricos e contextos violentos aos indivíduos. Visando essa intermediação, a BNCC, documento norteador para a educação básica, dispõe a obrigatoriedade de a educação ser antirracista e o combate à utilização da ciência de forma nociva, como as ideias eugenistas. Dentro da biologia, há a possibilidade de se tratar sobre esse assunto de forma eficiente, essencialmente quando articulamos o entendimento sobre todos os fatores que influenciam na pigmentação da pele humana com a evolução humana, explicitando que não há característica fenotípica superior à outra e que todos descendemos de um ancestral com, provavelmente, pele escura, o que comprova que o pensamento racista e eugênico é carente de lógica sólida. Nessa perspectiva, é fundamental que existam recursos pedagógicos adequados para facilitar o trabalho do professor no ensino da genética da cor da pele e a análise realizada sugerem que as coleções disponibilizadas pelo último PNLD não abordam a genética da pigmentação da pele, pois, curiosamente, os autores retiraram essa característica das seções dedicadas às heranças poligênicas. A retirada desses assuntos, apesar de não trazer os modelos antigos que ensinavam de forma errada, não é interessante, pois faz com que a coloração da pele deixe de ser discutida no ensino de genética da educação básica. Com isso, perde-se a oportunidade de reparar os danos causados pelo preconceito e pelo mau uso do conhecimento científico. Sendo assim, há uma grande necessidade de investir em recursos didáticos e formação continuada para os docentes de genética que visem proporcionar o ensino de qualidade de forma a disseminar através das aulas e dos veículos de comunicação, como as redes sociais e os podcasts, o real conhecimento existente sobre essa temática e, que, capacite os discentes a se posicionarem frente aos problemas sociais envolvendo a coloração da pele.

7 Referências

- AMABIS, J. M. et al. Moderna Plus - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Ciência e Tecnologia. **Moderna**, v. 5, nº 1, p. 1-280, 2020.
- AMABIS, J. M. et al. Moderna Plus - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Universo e Evolução. **Moderna**, v. 6, nº 1, p. 1-280, 2020.
- ARAÚJO, D. L. O que é (e como faz) sequência didática? **Entrepalavras**, Fortaleza, v. 3, n. 1, p. 322-334, 2013.
- ARDA, O.; GÖKSÜGÜR, N.; TÜZÜN, Y. Basic histological structure and functions of facial skin. **Clinics in Dermatology**, v. 32, nº. 1, p. 3–13, 2014.
- BAIOTTO, C. R.; LORETO, E. L. S. Caracteres Humanos Herdados Utilizados no Ensino de Genética em Livros Didáticos. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 4, p. 593-609, 2018.
- BORANGA, B. E. C. et al. Bases moleculares da pigmentação humana: uma revisão de literatura. **Repositório Universitário de Ânima (RUNA)**, 2021.
- BORGES-OSÓRIO, M. R.; ROBINSON, W. M. Genética Humana. **Artmed**, ed. 3, 2013.
- BRASIL, M. S. Neurociência Cognitiva e Metodologias Ativas. **Revista Ibero-Americana de Humanidade, Ciências e Educação**. São Paulo, v. 27 n. 7, p. 1017-1032, 2021.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular–Ensino Médio**. Documento homologado pela Portaria nº 1.570, publicada no D.O.U. de 21/12/2017, Seção 1, Pág. 146. Brasília, 21 de dezembro de 2017. 2018.
- BRASIL. **Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE)**. Edital PNLD 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/consultas-editais/editais>>. Acesso: 20 de outubro de 2023.
- CÂMARA, R. H. Análise de Conteúdo: Da Teoria à Prática em Pesquisas Sociais Aplicadas às Organizações. **Gerais: Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 6, nº 2, p. 179-191, 2013.
- CARRATTO, T. M. T.; JUNIOR, C. T. M. Um novo uso do DNA na resolução de crimes: predição de características morfológicas de suspeitos. **Seção Genética e Sociedade – 058**, v. 5, p. 208–2017, 2021.

CATAÑEDA, L. A. Eugenia e casamento. **História, Ciências, Saúde**, v. 10, nº 3, p. 901-930, 2003.

CATAÑEDA, L. A. Eugenia e casamento. **História, Ciências, Saúde**, v. 10, nº 3, p. 901-930, 2003.

CURT, D. S.; FERREIRA, L. F. F.; Eugenia e eugenia liberal: os limites da intervenção científica versus a dignidade humana. **Revista de Biodireito e Direito dos Animais**, v. 7, n. 2, p. 39-60, 2021.

DALLAZEM, L. N. D. Conhecimento e hábitos referentes à fotoproteção e ao câncer de pele em estudantes universitários: um estudo transversal no Sul do Brasil. **Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências da Saúde – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde**, Rio Grande do Sul, 2017.

DALY, A. S. Eugenics: From Hitler's Sparta to contemporary legitimacy. **Irish Marxist Review**, v. 9, p. 43-47, 2020.

DOMINGUES, P. J. “A Redenção de Nossa Raça”: as comemorações da abolição da escravidão no Brasil. **Revista Brasileira de História**, São Paulo, v.31, nº 62, p. 19-48, 2011.

FRANZOLIN, F. et al. Complexidade genética e a expressão da cor da pele, cor dos olhos e estatura humana: transposição didática. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 1, p. 339-261, 2020.

FUKUI, A. et al. Ser Protagonista - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Evolução, Tempo e Espaço. **SM Educação**, v. 4, nº 1, p. 1-232, 2020.

FUKUI, A. et al. Ser Protagonista - Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Vida, Saúde e Genética. **SM Educação**, v. 6, nº 1, p. 1-248, 2020.

GOIÁS. **Documento Curricular para Goiás**. Goiás: Secretaria de Estado da Educação, 2021.

KHAVKIN, J.; ELLIS, D. A. F. Aging Skin: histology, physiology, and pathology. **National Library of Medicine**, v. 19, n. 2 p. 229-224, 2011.

LEAL, C. A. Uma Breve Análise Do Objeto 2 Do PNLN No Itinerário “Ciências Da Natureza E Suas Tecnologias”: O Que Cabe Ao Ensino de Biologia. **XI Encontro Estadual de Didática e Práticas de Ensino**, Goiânia, 2021.

LEITE, R. C. M.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A história das leis de Mendel na perspectiva Fleckiana. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, nº 2, p. 97-108, 2001.

LIN, J. Y.; FISHER, D. E. Melanocyte biology and skin pigmentation. **NATURE**, Boston, v. 445, n. 22, p. 843-850, 2007.

LOPES, S.; ROSSO, S. A genética e os genes. In.: _____. **Bio: volume único**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. cap. 3. p. 229-244.

LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da Natureza Lopes & Rosso: Evolução e Universo. **Moderna**, v. 1, nº 1, p. 1-160, 2020.

LOPES, S.; ROSSO, S. Ciências da Natureza Lopes & Rosso: Mundo Tecnológico e Ciências Aplicadas. **Moderna**, v. 1, nº 1, p. 1-160, 2020.

LOVATO, F. L.; et. al. Metodologias Ativas de Aprendizagem: Uma Breve Revisão. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 2, p. 154-171, 2018.

MEYER, D. **Uma questão de pele**. São Paulo: USP, 2017. Disponível em: <<https://darwinianas.com/2017/11/21/uma-questao-de-pele/>>. Acesso em: 15 maio. 2017.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. D. Secretaria de Educação Básica. Guia Digital PNLD 2021: Obras Didáticas Por Áreas de Conhecimento e Específicas, 2021. Disponível em: <https://pnld.nees.ufal.br/pnld_2021_didatico/inicio>. Acesso em: 15 janeiro de 2024.

MISKULIN, R. G. S.; MENDES, R. M. Análise de conteúdo como uma metodologia. **Cadernos de Pesquisa**. V. 47, n. 165, p-1044-1066, 2017.

MONTEIRO, J. P. V. Registros contábeis e escravatura no Brasil oitocentista: Uma abordagem histórica. 2021. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis) **Universidade Federal da Paraíba**, João Pessoa.

MORTIMER, E. et al. Matéria, Energia e Vida – Uma Abordagem Interdisciplinar: Evolução, Biodiversidade e Sustentabilidade. **Editora Scipione**, v. 1, nº 1, p. 1-280, 2020.

MOURA, J. et al. Biologia/Genética: O ensino de biologia, com enfoque a genética, das escolas públicas no Brasil – Breve relato e reflexão. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, Londrina, v. 34, nº 2, p. 167-174, 2013.

- NICOLETTI, M. A et al. Hiper Cromias: aspectos gerais e uso de despigmentantes cutâneos. **Cosmetics & Toiletries**, v. 14, p. 46-51, 2002.
- PAULA, D. K.; ARAÚJO, L. F. N. Educação antirracista como um direito humano essencial. **Seminário Gerapraxis**, Vitória da Conquista - Bahia, v. 8, n. 8, p. 1–13, 2021.
- PAVAN, W. J.; STURM, R. A. The Genetics of Human Skin and Hair Pigmentation. **Annual Review of Genomics and Human Genetics**, Bethesda, v. 20, p. 41-72, 2019.
- PENA, S. D. J. Para remover a palavra raça dos prontuários médicos no Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 59, n. 1, p. 4-5, 2007.
- PENA, S. D. J.; BIRCHAL, T. S. A inexistência biológica versus a existência social de raças humanas: pode a ciência instruir o etos social? **Revista UPS**, nº 68, p. 10-21, 2006.
- PIFFERO, E. L. F. et al. Metodologias Ativas e o ensino de Biologia: desafios e possibilidades no novo Ensino Médio. **Ensino & Pesquisa**, União da Vitória, v. 18, n. 2, p. 48-63, 2020.
- PROCHAZKA, L. S.; FRANZOLIN, F. A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genética. **Ciê. Educ**, v. 24, nº 1, p. 111-124, 2018.
- RAPOSO, P. L. O pensamento decolonial como estratégia de enfrentamento ao racismo estrutural no contexto escolar. **Praxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 16, n. e2115355, p. 1–19, 2021.
- SANTOS, K. C. et al. Diálogo Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Energia e Sociedade: Uma Reflexão Necessária. **Moderna**, v. 4, nº 1, p. 1-160, 2020.
- SANTOS, K. C. et al. Diálogo Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Ser Humano: Origem e Funcionamento. **Moderna**, v. 5, nº 1, p. 1-160, 2020.
- SANTOS, L. C. G. A.; DORO, C. B.; COSTA, F. J. Concepções de Estudantes do Ensino Médio sobre o Ensino de Genética: A necessidade de repensar os processos de Ensino e Aprendizagem. **Revista Interdisciplinar**, v. 8, nº 8, p. 62-75, 2020.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018.
- SCHEID, N. M.; FERRARI, N. A história da ciência como aliada no ensino de genética. **Genética na Escola**, v. 1, n. 1, p. 17-18, 2006.

SHOTWEL, M. The Missue of Genetics: The Dihybrid Cross & the Threat of “Race Crossing”. **The American Biology Teacher**, v. 81, n.1, p. 3-10, 2019.

SIQUEIRA, A. S.; SILVA, S. G. Uma pesquisa genética sobre a cor da pele em seres humanos, 2012. **Portal do Professor**. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=41557>>. Acesso em: 24/01/2024.

SOUSA, C. A. A. Melanossomas e tráfego de vesículas na pigmentação da pele e cabelo: estratégias no controlo da pigmentação. 2020. 43 f. Tese (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2020.

SOUZA, V. S. Eugenia, racismo científico e antirracismo no Brasil: debates sobre ciência, raça e imigração no movimento eugênico brasileiro (1920-1930). **Revista Brasileira de História**. São Paulo, v. 42, n. 89, p. 93-115, 2022.

STEFANO, W. Relações entre eugenia e genética mendeliana no Brasil: Octavio Domingues. **In: MARTINS, R. A.; MARTINS, L. A. C., P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H. (eds.). Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro**. Campinas: AFHIC, 2004. Pp. 486-495. (ISBN 85-904198-1-9)

TEIXEIRA, I. M; SILVA, E. P. História da eugenia e ensino de genética. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 15, p. 63-80, 2017.

TEODORO, N. C. Professores de biologia e dificuldades com os conteúdos de ensino. **Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”**. 2017. 147 f. Tese (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Bauru, 2017.

THOMPSON, M. et al. Conexões Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Terra e equilíbrios. **Moderna**, v. 5, nº 1, p. 1-160, 2020.

THOMPSON, M. et al. Conexões Ciências da Natureza e Suas Tecnologias: Universo, materiais e evolução. **Moderna**, v. 6, nº 1, p. 1-160, 2020.

UGALDE, M. C. P; ROWEDER, C. Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem. **Revista de Estudo e Pesquisa sobre Ensino Tecnológico**, Manaus, v. 6, n. 22, p. 1-12, 2020.

8 APÊNDICE A - Artigo - Título provisório: Bases biológicas da pigmentação da pele em humanos: a utilização do conhecimento biológico no combate da eugenia e da segregação racial

Resumo

As bases genéticas da pigmentação da cor da pele no ser humano atualmente são ministradas, por meio de conceitos obsoletos e que claramente não são suficientes para entender a grande variedade de cores da pele vistas na sociedade. Este estudo tem por objetivo expor os inúmeros fatores (elementos bioquímicos, pH dos melanossomos, radiação ultravioleta, alimentação etc.) que compõem a herança complexa para a coloração da pele humana e os assuntos sociais relacionados com essa temática para auxiliar na explicação mais fidedigna para o ensino das bases biológicas da pigmentação da pele em humanos no ensino médio.

Palavras-chave: “Cor da Pele”, “Melanogênese”, “Epiderme”, “Melanina”, “eugenia”

1. Introdução

O Brasil é um país que foi estruturado em um contexto de muita violência contra as pessoas com pele preta, pois, em seu processo de colonização houve intensa subjugação das pessoas que eram trazidas pelos portugueses para serem escravizadas e servir a elite que aqui residia. Esse cenário perdurou por muito tempo e, mesmo após a abolição da escravatura, a pessoa preta foi marginalizada, sendo impedida de ter acesso à educação, à cultura e o racismo estrutural se instaurou em todos os campos da sociedade (BERSANI, 2018).

Diversas ideologias contribuíram com a disseminação do racismo, dentre elas, a eugenia, que ao basear-se em estudos aceitos cientificamente, como a seleção natural e a hereditariedade, justificavam a segregação e a exclusão social dos indivíduos com fenótipos considerados indesejáveis. Determinados povos, sob o manto da eugenia, pseudociência que emergiu em meados do século XIX, afirmava que a pessoa com pele preta tinha capacidade intelectual inferior ao da branca. O argumento que era utilizado para tentar “justificar” as desigualdades de oportunidades era que os indivíduos com pele preta eram incapazes de alcançar posições sociais importantes e de contribuir para o avanço da sociedade (MAI; ANGERAMI, 2006).

Ainda nos dias de hoje, usa-se os diferentes tipos de tonalidades de pele para discriminar e segregar os indivíduos, ficando nítido o prejuízo e o sofrimento que o racismo estrutural causa as pessoas. O conhecimento sobre a evolução humana mostra que todos os

seres humanos foram originados a partir de um ancestral em comum e o berço da humanidade é o continente Africano. A genética de populações vem mostrando há muito tempo que não há diferenças genéticas suficientes para que possamos admitir a existência de subespécie/raças na espécie humana (MAI; ANGERAMI, 2006).

Nesse contexto, biologicamente falando, é incorreto dizer que dentro da espécie humana existem diferentes raças. Por esse motivo, é essencial que o ensino de biologia seja desvinculado de qualquer tipo de ideologia que segregue as pessoas e o ensino das bases biológicas da variação da cor da pele pode ser utilizado como um dos instrumentos na erradicação de preconceito, favorecendo o acolhimento de todas as pessoas com suas individualidades físicas, culturais e socioemocionais (PENA; BIRCHAL, 2006).

Os documentos curriculares preveem a obrigatoriedade de uma educação antirracista, porém os recursos pedagógicos que auxiliam o professor de biologia nesse processo são inadequados. Alguns materiais ainda admitem a divisão dos seres humanos em grupos raciais, trata a herança da cor da pele de forma incompleta, pelo modelo mendeliano e eugênico, não abrangendo todos os processos que influenciam na pigmentação da pele. Nega-se, portanto, que o conhecimento seja dado ao aluno de forma completa e, com isso, nega também o desenvolvimento da criticidade frente a uma temática tão importante que é a discriminação e o racismo (PAULA; ARAÚJO, 2021; BRASIL, 2018).

Considerando o exposto acima, esse artigo visa contribuir com o combate ao racismo dentro da disciplina de biologia, ao fornecer subsídios para o professor, em especial a respeito de conhecimentos como a composição da pele humana, influência da eugenia no ensino da cor da pele, a importância do entendimento da evolução humana, dos genes envolvidos no processo de melanogênese e a influência do estilo de vida na determinação da cor da pele, para melhor adequar as aulas de biologia ao ensino da herança da cor da pele.

2. A pele: maior órgão do corpo humano

A pele é o maior órgão do corpo humano, sendo composta por diferentes tipos celulares que influenciam as características morfofisiológicas do tegumento humano e tem diversas funções no organismo. Dentre as funções podemos citar a função imunológica, atuando como uma barreira contra agentes invasores, e a biossíntese de moléculas importantes

para o organismo, como a vitamina D. Esse órgão é formado por três camadas básicas: a epiderme, derme e a hipoderme (CIOL; CASTRO, 2019).

A epiderme é constituída por tecido epitelial estratificado escamoso de origem no ectoderma, que não apresenta vascularização, por esse motivo, a epiderme depende da derme para receber nutrição. Por ser a camada mais externa do tegumento humano, a epiderme é responsável por proteger o organismo de substâncias tóxicas, antígenos e da desidratação. Como representado na Tabela 01, a epiderme é dividida em camada basal, espinhosa, granular, lúcida e córnea.

Tabela 01 – Camadas da epiderme e suas características

Camada	Características
Basal	Formada por células cúbicas com grande capacidade de diferenciação que se renovam constantemente (a cada 15-30 dias) por mitoses e filamentos intermediários.
Espinhosa	Camada formada por células arredondadas, com alta capacidade de diferenciação e com tonofilamentos. As células dessas camadas são aderidas pela presença de desmossomos.
Granular	Constituída por células achatadas com grânulos de querato-hialina.
Lúcida	Presente apenas em regiões onde a pele é mais espessa e sem pelos. Essa camada é constituída por diversas camadas de células queratinizadas.
Córnea	Composto por diversas camadas de células mortas queratinizadas e passa por constante renovação celular.

Fonte: Ciol; Castro, 2019.

A queratina e os demais componentes da matriz celular são essenciais para conferir resistência e firmeza para a epiderme. Essa proteína é produzida nos queratinócitos, que são os tipos celulares mais abundantes nas camadas epidérmicas. Além dos queratinócitos, encontramos na epiderme células não queratinosas, denominadas de melanócitos, células de Merkel e de Langerhans (KHAVKIN; ELLIS, 2011).

Os melanócitos são células dendríticas derivadas da crista neural e são encontradas na camada basal da epiderme, na raiz e matriz dos folículos capilares, nas glândulas sebáceas e sudoríparas. Essas células apresentam os melanossomos, que são organelas citoplasmáticas

responsáveis pela produção, armazenamento e transferência da melanina para os queratinócitos (KHAVKIN; ELLIS, 2011).

Nesse tecido também são encontradas as células de Merkel, que ficam localizadas na camada basal e estabelecem aderência com os queratinócitos através dos desmossomos. Essas células apresentam prolongamentos e se conectam com nervos sensitivos, permitindo que as sensações relacionadas ao tato sejam captadas e processadas pelo sistema nervoso. Já as células de Langerhans são encontradas na camada espinhosa e são responsáveis por fagocitar antígenos para apresentá-los aos linfócitos T (células imunes adaptativas) para que sejam eliminados (KHAVKIN; ELLIS, 2011).

A camada mais profunda do tegumento humano é a derme, responsável por fornecer suporte e nutrientes para a epiderme. Essa camada é irrigada por vasos sanguíneos e é constituída por tecido conjuntivo irregular de origem mesodérmica que apresenta como principais tipos celulares os fibroblastos, mastócitos e macrófagos. Ela apresenta grande quantidade de matriz extracelular formada por uma rede de fibras elásticas, de colágeno e reticular, que conferem firmeza e elasticidade ao tecido cutâneo (KHAVKIN; ELLIS, 2011).

Ademais, abaixo da derme encontramos o tecido subcutâneo denominado de hipoderme, que apesar de não ser considerada uma camada da pele, sustenta a derme no tecido ósseo ou muscular do órgão na qual ela se encontra (KHAVKIN; ELLIS, 2011).

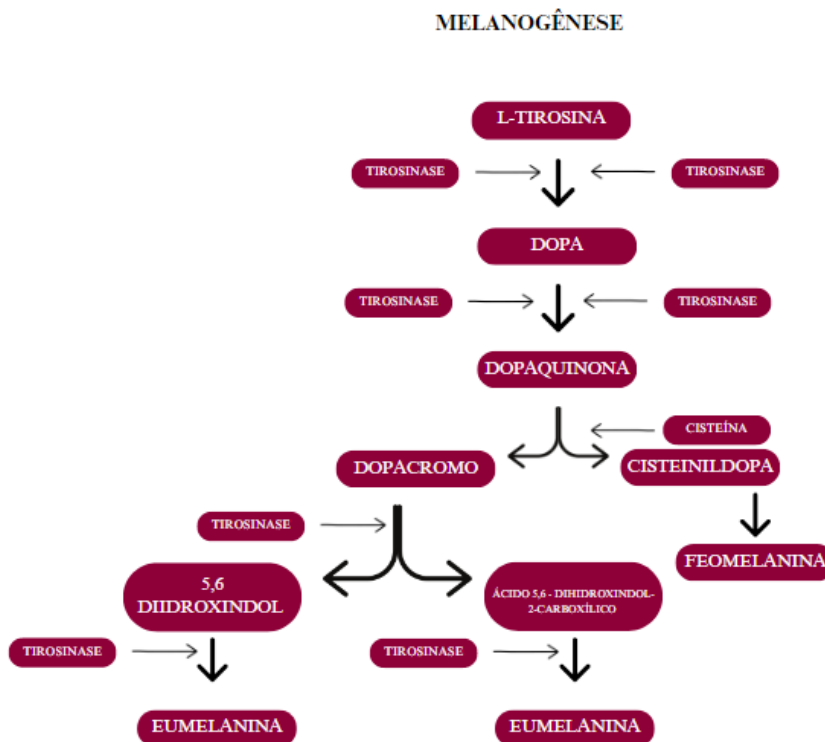
3. Bases Biológicas Intrínsecas da Cor da Pele

A pele possui várias propriedades e funções essenciais para a homeostasia do organismo humano. Dentre as funções está a fotoproteção e a termorregulação, que são determinadas principalmente pela abundância de pigmentos de melanina, aliado às suas propriedades químicas e físicas. A melanina está diretamente relacionada à coloração da pele das pessoas e tem o papel de preservar o DNA celular contra a agressão da radiação ultravioleta proveniente do sol. Para além da sua função fotoprotetora, a cor da pele é também um importante fator de beleza externa, de influência social e econômica na sociedade (CARRATTO, 2021).

A complexidade da pele envolve muitas questões, não só a sua coloração, mas também a sua espessura, sua textura em diferentes partes do corpo de acordo com necessidades funcionais específicas. Por exemplo, a pálpebra e a sobrancelha estão localizadas muito próximas, mas a pele da pálpebra é macia, fina e tem pelos finos em contraste com a

sobrancelha, que apresenta pele grossa e pelos grossos (ARDA; GÖKSÜGÜR; TÜZÜN, 2014). Isso já é uma pequena demonstração dos diferentes aspectos que compõem o desenvolvimento da pele. Sabe-se que a genética da cor da pele é uma herança complexa, sendo determinada por aspectos celulares e pela influência ambiental que determinam os fenótipos presentes nos seres humanos (ZHOU et al., 2021; STELLING; KRAPAS, 2007).

A melanina, um biopolímero macromolecular, é produzida nos melanócitos, mais especificamente, dentro de organelas denominadas de melanossomos. O processo de produção de melanina é controlado por diversos genes e por diferentes vias de sinalização. A molécula precursora para a síntese de melanina é o aminoácido tirosina, que ao ser oxidado é convertido em moléculas intermediárias, podendo seguir duas vias diferentes: uma para a produção de eumelanina e a outra para a produção de feomelanina. Eumelanina e feomelanina são tipos de melanina existentes na espécie humana, sendo a eumelanina um pigmento mais escuro (marrom/preta) e a feomelanina um pigmento mais claro (vermelho-amarela) (LIMA, 2020). A Figura 1 apresenta um resumo do processo de melanogênese:



Fonte: Adaptado de Boranga et. al., 2021.

Figura 1 – Representação do processo de melanogênese, iniciando na oxidação da tirosina até a formação de eumelanina e feomelanina. Esse processo ocorre dentro dos melanossomos, organelas citoplasmáticas dos melanócitos.

Observa-se que a biossíntese dos diversos tipos de melanina inicia do mesmo ponto de partida: a oxidação da tirosina ou da molécula 3,4 diidroxifenilalanina (DOPA) a partir da catálise da reação oxidativa por uma enzima tirosinase (TYR), formando a dopaquinona. A partir desse ponto, a melanogênese diverge na produção de eumelanina e feomelanina (PAVAN; STURM, 2019).

Na formação de feomelanina, é necessário que haja cisteína disponível, que ao ser acoplado a molécula de dopaquinona, é transformada em cisteinildopa, que é convertido em alanil-hidroxibenzotiazina que se polimeriza e forma a feomelanina. Já na ausência de cisteína, há uma adição intramolecular que transforma a dopaquinona em dopacromo, que pode seguir por duas vias: se decompõe espontaneamente em 5,6-diidroxiindol (DHI) ou sofre a ação da enzima dopacromia tautomerase (DCT) para produzir ácido 5,6-dihidroxiindol-2-carboxílico (DHICA). Na via de produção do DHI, é formada a eumelanina de coloração mais clara, enquanto a via do DHICA produz uma eumelanina mais escura (PAVAN; STURM, 2019).

Estima-se que exista mais do que 650 genes envolvidos em fenótipos de pigmentação da pele humana (PAVAN; STURM, 2019). Muito do conhecimento que se tem hoje acerca da pigmentação da cor da pele veio dos estudos de mutações em 19 genes que estão envolvidos com a hipopigmentação da pele, cabelos e olhos, estando muito relacionados ao albinismo humano. Dentre eles, há um grupo de sete genes conhecidos como “albinismo oculocutâneo” (OCA), que são genes principais no processo de melanogênese e que explicam parcialmente variação da cor da pele. Esses genes receberam esse nome, pois, determinados alelos desse grupo de genes estão diretamente relacionados a quadros de albinismo (MARÇON; MAIA, 2019).

Além dos genes relacionados ao albinismo, há outros genes importantes, como o MC1R, que produz um receptor de membrana. Determinados alelos desse gene estão diretamente relacionados a presença de cabelos ruivos, pele clara e sardas, além de estimular o reparo do DNA da pele e auxiliar na tolerância à dor. Outros alelos estão relacionados a variação na cor da pele, olhos e cabelo (JUZENIENE et al., 2012).

Dentre outros genes com papel relevante podemos citar (JUZENIENE et al., 2012; JACOBS, 2015):

- a. MITF: diretamente relacionado com a regulação do crescimento dos melanócitos.
- b. IRF4: exerce papel importante na proteção contra a radiação ultravioleta, estimulando a sobrevivência, o crescimento e a pigmentação das células melanocíticas.
- c. BNC2: diretamente relacionado com a saturação da cor da pele e pode levar ao desenvolvimento de sarda.
- d. TPCN2: um regulador do pH dos melanossomos.
- e. KIT: determinados alelos levam ao piebaldismo.

Sendo assim, podemos entender que a grande variação de tons de pele que conhecemos na espécie humana é uma característica de herança complexa, também tratada em vários livros e artigos científicos como herança multifatorial. Isso é, é um tipo de característica que depende da ação de vários genes que levam a produção da melanina, a concentração de íons H^+ no meio intracelular (pH), as vias de sinalização, os genes inibidores dessas vias, além de regulação epigenéticas (como a metilação do DNA) que podem alterar a biossíntese de melanina (ZHOU et al., 2021).

4. Fatores Extrínsecos que Afetam a Cor da Pele

Sabe-se que a radiação solar tem inúmeros benefícios para a existência da vida na Terra, pois ela é a fonte primária de energia disponibilizada para os seres vivos. Essa energia é essencial para a manutenção dos níveis tróficos nos ecossistemas e para a manutenção da temperatura, já que a maioria dos organismos necessita de uma quantidade de calor ideal para sobreviverem. Ademais, a radiação solar também faz parte da biossíntese da vitamina D, essencial para o desenvolvimento do ser humano desde seu desenvolvimento embrionário até a manutenção dos ossos, da imunidade e no controle da fertilidade (FERREIRA, 2019; JABLONSKI; CHAPLIN, 2017).

Contudo, a radiação solar pode ser um fator de risco para a saúde humana, pois ela pode desencadear diversos problemas como a fotodegradação do folato e a interação com o material genético. A radiação emitida pelo sol é a radiação ultravioleta, que pode ser

classificada em UV-A, UV-B e UV-C. Os raios UV-A penetram na pele de forma mais intensa e degradam às proteínas de colágeno que conferem firmeza a estrutura celular que compõem esse tecido, sendo responsável pela aceleração do aparecimento de rugas e das linhas de expressão. Os raios UV-B, essenciais para biossíntese de vitamina D, podem provocar queimaduras e mutações na molécula de DNA, o que pode levar ao aparecimento de cânceres de pele. Já os raios UV-C são bloqueados pela camada de ozônio na atmosfera terrestre, ou seja, há que se preocupar com a absorção solar excessiva de raios UVA e UVB pelo tegumento humano (SOUZA; FISCHER; SOUZA, 2004).

Existem diferentes formas de se proteger contra a radiação solar, podendo ser através da aplicação tópica de protetores solares, pela ingestão de alimentos com efeitos antioxidantes, assim como pelo uso de vestimentas/acessórios que façam a proteção mecânica da pele. Apesar de se conhecer essa necessidade, é comum a exposição solar com objetivos estéticos, estimulando o bronzeamento, que tem o mesmo potencial nocivo que a exposição solar involuntária (OLIVEIRA, 2011).

Qualquer tipo de exposição excessiva ao sol é prejudicial, principalmente se for aos horários não recomendados e sem a devida proteção. Ademais, estudos mostram que essa prática é ainda mais prejudicial para os mais jovens e em pessoas com tipo de pele com tonalidades mais claras. Cada tipo de pele apresenta uma reação distinta como resposta à radiação solar, sendo que as tonalidades mais claras apresentam formação de eritemas (vermelhidão na pele) de forma mais grave (DALLAZEM, 2017; VISCONTI et al., 2018).

Outrossim, a pele clara apresenta menor capacidade de bronzeamento e são mais propensas a desenvolverem os diferentes tipos de cânceres de pele, como o melanoma, o carcinoma basocelular e carcinoma espinocelular. Já as tonalidades mais escuras, são menos sensíveis à radiação solar, pois, apresentam uma maior proporção de eumelalina e esse pigmento auxilia na proteção da pele e do núcleo das células que a compõe (DALLAZEM, 2017; VISCONTI ET. al., 2018). Com base na resposta da pele à exposição ao sol, Fitzpatrick, em 1998, propôs uma classificação dos seres humanos em seis fototipos (Tabela 2):

Tabela 2 – Classificação dos fototipos pela escala de Fitzpatrick (1998)

FOTOTIPO	RESPOSTA DA PELE PÓS-EXPOSIÇÃO SOLAR
I	Apresenta queimaduras, mas nunca bronzeia.

II	Queima com facilidade, porém o bronzeamento é mínimo.
III	Queima e bronzeia de forma moderada.
IV	Queima pouco e bronzeia com facilidade.
V	Raramente queima, bronzeia significativamente.
VI	Praticamente não queima, bronzeia com intensidade.

Fonte: Adaptado de Dallazem, 2017.

A escala de Fitzpatrick é utilizada para descrever os diferentes tipos de pele e auxilia diversos profissionais, como dermatologistas e esteticistas, na orientação individual para os cuidados com a pele. Esse tipo de orientação é essencial, pois o bronzeamento nada mais é que uma resposta de estresse oxidativo da célula após a exposição ao sol, que ao tentar diminuir os danos causados pela radiação, estimula os melanossomos a produzirem maior quantidade de melanina e a migrarem para as proximidades do núcleo celular, com a finalidade de manter o material genético. O aumento da pigmentação tegumentar é consequência de uma maior produção de eumelanina, enquanto a descamação é uma forma do organismo eliminar possíveis células danificadas (SANTOS, 2010; DALLAZEM, 2017). Essa mesma escala tem sido utilizada na pesquisa dos genes envolvidos na definição da cor da pele, pois há grande dificuldade a associação entre fenótipos e genótipos. Com isso, a diversidade é simplificada para seis grupos de cor de pele.

5. Evolução Humana e variedade de tons de pele

Os fenótipos visuais sempre foram fatores de grande relevância para os seres vivos, um exemplo disso é a forma como os pavões atraem as fêmeas para o acasalamento ou quando um camaleão consegue se camuflar para se proteger de predadores. Na espécie humana, as características físicas foram supervalorizadas ao longo da história, gerando grandes impactos na sociedade, sendo que dentre essas características podemos destacar a cor da pele. Há uma grande variedade de tons de pele na espécie humana e podemos entender essa diversificação de tonalidades pelo estudo da evolução humana (MEYER, 2017; TEIXEIRA; SILVA, 2017).

Estudos em áreas como a paleontologia, arqueologia e antropologia apontam o Continente Africano como berço da humanidade, ou seja, o local onde os ancestrais dos seres

humanos se diferenciaram (evoluíram) e originaram a espécie *Homo sapiens*. Esse fato é sustentado por diversas evidências científicas. Dados arqueológicos, como os achados fósseis e artefatos de hominídeos, fornecem suporte para essa proposta, assim como estudos genéticos, em particular, o que ficou conhecido como a origem da Eva mitocondrial (JUZENIENE, et. al.; 2009).

Acredita-se que o ancestral que deu origem a espécie humana tinha hábitos de vida e características físicas muito similares a dos primatas atuais, sendo os mais próximos a ela: os chimpanzés. Esses animais apresentam grande quantidade de pelos que auxiliam na proteção do corpo e da pele, além disso, vivem a maior parte do tempo buscando alimentos em árvores. Conforme ocorreram mudanças de temperatura na Terra, como o avanço do deserto Saara, os hábitos alimentares do ancestral da espécie humana foram se diferenciando, a espécie começou a descer das árvores e buscar alimentos através da caça (JUZENIENE, et. al.; 2009).

Com essa mudança no nicho ecológico da espécie, é provável que tenha ocorrido favorecimento de determinados fenótipos em detrimento de outros, em decorrência de fatores ambientais, como o calor. Exemplo potencial disso seria a diminuição dos pelos corpóreos e o desenvolvimento das glândulas sudoríparas. A perda de pelo e as glândulas sudoríparas auxiliavam na manutenção da homeostase, mantendo a temperatura corporal desses seres vivo mais estável, o que, potencialmente, teve um impacto na reprodução dos seres com menos pelos e com glândulas sudoríparas (JABLONSKI; CHAPLIN, 2017; PAIM, 2013).

Entretanto, a perda de pelos corporais apresentava uma desvantagem: a pele era a única barreira de proteção externa do corpo, dessa forma, o organismo estaria mais exposto a radiação solar e a invasão de agentes causadores de doenças. Sendo assim, a cor da pele foi um importante fator para a seleção dos indivíduos que ali viviam. Indivíduos com coloração da pele mais escura apresentavam maior capacidade de protegerem o tegumento e estes, provavelmente, estavam mais bem adaptados a viverem até a fase reprodutiva e deixarem descendentes (JABLONSKI; CHAPLIN, 2017; PAIM, 2013).

Há diversas teorias que tentam explicar o motivo pelo qual a cor da pele foi um produto da seleção natural, essas teorias tentam explicar tanto o benefício da pele escura quanto o surgimento posterior da pele clara. Dentre as explicações dos indivíduos com pele escura serem mais aptos a deixarem descendentes nos continentes com maior intensidade de radiação solar, temos: fator de proteção contra câncer de pele, a proteção contra doenças

causadas por parasitas e bactérias tropicais e a proteção contra a fotodegradação do folato (JABLONSKI; CHAPLIN, 2017).

As hipóteses acerca do câncer de pele e da proteção contra doenças tropicais adquiridas foram refutadas. De fato, uma das principais causas do câncer de pele, é a exposição da molécula de DNA a radiações ultravioletas (RUV), porém o câncer não impede que o indivíduo chegue na fase reprodutiva, ou seja, não prejudicaria o sucesso reprodutivo da espécie. Já a hipótese contra doenças tropicais adquiridas não se sustentou, pelo fato de que outros primatas apresentam partes do corpo com menor quantidade de pelos e não dependem da atuação da melanina na defesa do organismo (JABLONSKI; CHAPLIN, 2017).

Nesse contexto, a hipótese com maior aceitação para explicar a pressão da seleção natural que favoreceu a cor da pele escura, é a hipótese da proteção da fotodegradação do folato. Sabe-se que o folato exerce papéis fundamentais no organismo, sendo importantíssimo para as células que estão em divisões muito rápidas, na formação do tubo neural, na fertilidade dos machos e no reparo de danos causados a molécula de DNA. Dessa maneira, é um fator que interfere diretamente no sucesso reprodutivo, o que teria beneficiado os indivíduos de pele escura a deixarem um maior número de descendentes nos trópicos do que os indivíduos de pele clara (JABLONSKI; CHAPLIN, 2017).

Por outro lado, à medida que indivíduos da espécie humana emigraram da África, estes passaram a estar expostos a uma intensidade menor de raios ultravioletas à medida que se distanciavam dos trópicos em direção aos polos. Com relação a reprodução desses indivíduos, e a relação disso com a cor da pele, há uma proposta bem sustentada de que indivíduos com pele escura teriam uma produção de vitamina D deficitária em relação aos indivíduos com pele clara. A deficiência dessa vitamina leva a uma série de disfunções no organismo, como os problemas ósseos e o raquitismo, comprometendo o desenvolvimento dos indivíduos e o seu sucesso reprodutivo (JUZENIENE et. al., 2012; JABLONSKI; CHAPLIN, 2017).

Nessa perspectiva, a seleção natural favoreceu a existência das diversas tonalidades de pele que conhecemos atualmente, sendo que nenhuma é superior ou melhor do que as outras, apenas foram fatores que sofreram pressão da seleção natural e retratam a importância da variabilidade genética na sobrevivência e conquista da espécie humana de todos os continentes da Terra. Ademais, os seres humanos apresentam a mesma quantidade de células que produzem a melanina, denominadas de melanócitos. O que possibilita a existência de

diferentes tonalidades de pele é uma interação complexa entre genes e ambiente que agem nos tipos celulares que compõem as diferentes regiões da pele e envolve o tipo de melanina que é produzida, o processo de produção desse pigmento (melanogênese), dentre outros fatores (SANTOS, ARAÚJO; 2021).

6. Eugenia e racismo

Há relatos, desde a antiguidade, de povos que se preocupavam em “melhorar” a espécie humana e com a “qualidade” dos descendentes. Exemplo disso, era a preocupação que os povos atenienses tinham com sua prole, já que somente os guerreiros fortes e saudáveis poderiam defender sua nação e trazer honra aos seus progenitores. Nesse sentido, se alguma criança apresentasse algum tipo de malformação ao nascimento, o destino dela provavelmente seria a morte (CORRENT, 2016; DALY, 2020).

No século XIX, emergiu a Eugenia (que significa “bem-nascido), uma pseudociência cujo principal pensador foi Francis Galton. Em sua percepção, a ciência poderia tanto contribuir para o melhoramento da espécie humana através da articulação do saber científico com o controle social, como poderia contribuir para o declínio da humanidade, caso não intervisse nos cruzamentos para selecionar os genes e conseqüentemente as características que estavam sendo deixadas nas distintas populações. Esses ideais foram embasados em teorias deixadas por Malthus, Charles Darwin e Gregor Mendel (DALY, 2020).

Em sua teoria, Malthus defendia que o tamanho populacional crescia de forma desenfreada e que os recursos naturais não seriam capazes de acompanhar esse crescimento, ou seja, os recursos naturais seriam insuficientes para atender a todos após o grande aumento demográfico. Sendo assim, Malthus defendia que os recursos naturais deveriam ser distribuídos de forma limitada e que deveria haver processos de intervenções na sociedade para diminuir a taxa de reprodução (MAI; ANGERAMI, 2006).

Já na teoria evolutiva de Charles Darwin, há uma relação entre adaptações morfofisiológicas dos organismos e seu sucesso reprodutivo. De acordo com Darwin, o indivíduo mais bem adaptado ao meio é suscetível a chegar na fase reprodutiva, deixar descendentes saudáveis e manter ou aumentar a frequência dos seus alelos na população. Essa ideia é a mais aceita para explicar como ocorreu a evolução das espécies e foi denominada de seleção natural (CASTAÑEDA, 2003).

Em seus estudos, Gregor Mendel, o pai da genética, analisou como as características eram passadas ao longo das gerações. Para sua pesquisa, Mendel cultivou ervilhas e fez cruzamento entre ervilhas com diferentes fenótipos (características observáveis), postulando a primeira e a segunda lei de Mendel. A primeira lei dizia que as características dos indivíduos são determinadas por fatores que se separam na formação dos gametas e a segunda lei diz que esses fatores se separam de forma aleatória (CASTAÑEDA, 2003).

A eugenia lançava mão dessas informações para embasar suas ideias e, assim, ser aceita no meio acadêmico-científico. Com a justificativa de buscar uma sociedade perfeita, com indivíduos perfeitos e condições perfeitas, a eugenia defendia que o estado deveria intervir, objetivando erradicar as crises sociais e econômicas. Os indivíduos eram classificados pela eugenia da seguinte forma: os aptos que apresentavam características desejáveis para uma sociedade “ideal” e os inaptos que apresentavam características indesejáveis e eram vistas como um “peso” ou “atraso” para a sociedade. Dentro do grupo dos indesejáveis estavam inclusos os pobres, os negros, os deficientes, os com problemas de saúde mental, os alcoólatras, entre outros (MAI; ANGERAMI, 2006).

As práticas eugênicas são classificadas em positivas e negativas. A eugenia positiva buscava reforçar que os indivíduos aptos deveriam se reproduzir, gerando alto número de descendentes aptos para trabalhar e contribuir com o avanço da sociedade. Já a eugenia negativa controlava a reprodução dos inaptos, tendo como prática a esterilização desses indivíduos, o isolamento social, o aborto e outras práticas que visassem impedir o aumento deles na sociedade. O apoio do governo era esperado para ambas as práticas. Um exemplo da aplicação da eugenia negativa foi o nazismo, que ganhou força com a ascensão de Adolf Hitler ao poder, em um período em que a nação passava por uma grande crise econômica e os judeus receberam toda a culpa do fracasso social, sendo levados para serem humilhados, esterilizados e mortos nos campos de concentração (MAI; ANGERAMI, 2006).

No Brasil as práticas de eugenia negativa eram principalmente direcionadas aos povos indígenas e aos indivíduos negros, mas também aos pobres, vistos como intelectualmente inferiores e incapazes de exercerem papéis importantes na sociedade. Dessa forma, nosso país foi formado em um contexto de intensas violências e práticas racistas, levando os governantes a investirem em ações de “higiene social”. Nesse contexto, mulheres negras e pobres foram esterilizadas, pois elas e seus descendentes eram vistos como responsáveis pelos problemas sociais em nosso país e, por esse motivo, excluídos e tratados de forma desumana (SOUZA, 2021).

Nesse sentido, como a ciência contribuiu para reforçar do pensamento racista, através do uso indevido de suas teorias para tentar justificar ideologias discriminatórias, ela também tem como dever reparar esses danos, expondo que, atualmente, não há evidências científicas que embasem a afirmação da existência de raças dentro da biologia e muito menos que comprovem que comportamentos sociais são herdados geneticamente. Sendo assim, é necessário educar os cidadãos para melhor compreensão sobre o conhecimento científico, que não é estático, está em constantes mudanças por meio aprimoramento tecnológico. Nesse contexto, também é importante dar exemplos em que o conhecimento utilizado de forma errada pode promover a segregação e o sofrimento da própria população humana. Por esse motivo, é essencial que o professor exponha a história da eugenia para que os discentes sejam capazes de ter um olhar crítico sobre o mundo que o cerca e as práticas que são realizadas na sociedade, de forma que possam se posicionar de forma ética e defender os direitos de todos.

7. Conclusão

A biologia da cor da pele é uma característica fenotípica influenciada por fatores intrínsecos (genes, fatores epigenéticos, pH, dentre outros) e extrínsecos (resposta dessa constituição biológica ao meio ambiente). A humanidade, ao longo da história, deu grande importância a essa característica, tanto que esse fenótipo serviu para segregar e trazer sofrimento aos próprios seres humanos. Para embasar pensamentos eugênicos que justificassem tal segregação, os eugenistas utilizaram os conhecimentos da evolução e da genética, com o intuito de demarcar características desejáveis e indesejáveis nos seres humanos. Com isso, os indivíduos foram separados em desejáveis e indesejáveis e, estes últimos receberam o julgamento de que o fracasso socioeconômico era causado por sua existência na sociedade. Nesse sentido, a o conhecimento científico foi utilizado de forma errônea, contribuindo com o sofrimento de milhares de pessoas que foram subjugadas e levadas à morte pelo simples fato de que a elite da sociedade não julgava seus fenótipos como desejáveis. Dessa forma, é essencial que a ciência e a educação contribuam para a erradicação de quaisquer tipos de discriminações, tornando o ensino de biologia esclarecedor sobre os fatores que influenciam na pigmentação da pele e que seja livre de ideologias degradantes, contribuindo para a formação de cidadãos críticos sobre temáticas sensíveis envolvendo essa característica e que respeitem os indivíduos com suas particularidades.

8. Bibliografia

ARDA, O.; GÖKSÜGÜR, N.; TÜZÜN, Y. Basic histological structure and functions of facial skin. **Clinics in Dermatology**, v. 32, nº. 1, p. 3–13, 2014.

BERSANI, H. Aportes teóricos e reflexões sobre o racismo estrutural no Brasil. **Revista Extraprensa**, v. 11, nº 2, p. 175-198, 2018.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular–Ensino Médio**. Documento homologado pela Portaria nº 1.570, publicada no D.O.U. de 21/12/2017, Seção 1, Pág. 146. Brasília, 21 de dezembro de 2017. 2018.

CARRATTO, T. M. T.; JUNIOR, C. T. M. Um novo uso do DNA na resolução de crimes: predição de características morfológicas de suspeitos. **Seção Genética e Sociedade – 058**, v. 5, p. 208–2017, 2021.

CIOL, H.; CASTRO, C. A. Anatomia e Funções da Pele. **São Carlos: Editora**, São Paulo, v. 19, n. 2 p. 17-24, 2019.

CORRENT, N. Da antiguidade a contemporaneidade: a deficiência e suas concepções. **Revista Científica Semana Acadêmica**. Fortaleza, ano MMXVI, n. 89, 22/09/2016. Disponível em: <<https://semanaacademica.org.br/artigo/da-antiguidade-contemporaneidade-deficiencia-e-suas-concepcoes>>. Acesso: 16/05/2023.

DALLAZEM, L. N. D. Conhecimento e hábitos referentes à fotoproteção e ao câncer de pele em estudantes universitários: um estudo transversal no Sul do Brasil. **Universidade Federal de Santa Maria Centro de Ciências da Saúde – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde**, Rio Grande do Sul, 2017.

DALY, A. S. Eugenics: From Hitler’s Sparta to contemporary legitimacy. **Irish Marxist Review**, v. 9, p. 43-47, 2020.

FERREIRA, A. M. A. Deficiência da vitamina D na Doença Renal Crônica. Ciclo de estudos: 1º Ciclo em Ciências da Nutrição. **Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto**, Porto, 2019.

JABLONSKI, N. G.; CHAPLIN, G. The colours of humanity: the evolution of pigmentation in the human lineage. **The Royal Society**, v. 377, ed. 1724, 2017.

JACOBS, L. C. et al. A genome-wide association study identifies the skin color genes IRF4, MC1R, ASIP, and BNC2 influencing facial pigmented spots. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 135, ed. 7, p. 1735-1742, 2015.

JACOBS, L. C. et al. A genome-wide association study identifies the skin color genes IRF4, MC1R, ASIP, and BNC2 influencing facial pigmented spots. **Journal of Investigative Dermatology**, v. 135, ed. 7, p. 1735-1742, 2015.

JUZENIENE, A.; MOAN, J. Beneficial effects of UV radiation other than via vitamin D production. **Dermato-Endocrinology**, v. 4, n. 2, p. 109-117, 2012.

KHAVKIN, J.; ELLIS, D. A. F. Aging Skin: histology, physiology, and pathology. **National Library of Medicine**, v. 19, n. 2 p. 229-224, 2011.

LIMA, L. G. A cor da pele em humanos: um caso de seleção natural e a contribuição da genética no debate sobre as raças no século XXI. **Genética na Escola**, v. 15, n. 1, p. 10–17, 2020.

MAI, L. D.; ANGERAMI, E. L. S. Eugenia negativa e positiva: significados e contradições. **Revista latino-am Enfermagem**. v. 14 n. 2 p. 251-258, 2006.

MAI, L. D.; ANGERAMI, E. L. S. Eugenia positiva: significados e contradições. **Revista Latino-Americana Enfermagem**, v. 14, nº 2, p. 251-258, 2006.

MARÇON, C. R.; MAIA, M. Albinism: epidemiology, genetics, cutaneous characterization, psychosocial factors. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 94, nº. 5, p. 503-520, 2019.

MEYER, D. **Uma questão de pele**. São Paulo: USP, 2017. Disponível em: <<https://darwinianas.com/2017/11/21/uma-questao-de-pele/>>. Acesso em: 15 maio. 2017.

OLIVEIRA, D. F. Filtros químicos e físicos das formulações de protetores e bloqueadores solares. **Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, 2011.

PAIM, M. Dos hominídeos ao homo sapiens: as pesquisas sobre a cor da pele e a utilização de suas informações do ensino da História da África como uma alternativa à desconstrução de mitos raciais. **Publicação do Programa de Pós-Graduação em História da Universidade de Brasília (PPGHIS/UnB)**, n. 22, p. 136-155, Brasília, 2013.

PAULA, D. K.; ARAÚJO, L. F. N. Educação antirracista como um direito humano essencial. **Seminário Gerapraxis**, Vitória da Conquista - Bahia, v. 8, n. 8, p. 1–13, 2021.

PAVAN, W. J.; STURM, R. A. The Genetics of Human Skin and Hair Pigmentation. **Annual Review of Genomics and Human Genetics**, Bethesda, v. 20, p. 41-72, 2019.

PENA, S. D. J; BIRCHAL, T. S. A inexistência biológica versus a existência social de raças

humanas: pode a ciência instruir o etos social? **Revista UPS**, nº 68, p. 10-21, 2006.

SANTOS, B. H. C. Papel biológico dos dímeros de pirimidina em células humanas irradiadas com radiação UVA. Dissertação (Mestrado em Ciências, na Área de Biologia – Genética) **Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**, São Paulo, 2010.

SANTOS, S. R.; ARAUJO, G. P. Estudo sobre a eficácia da cisteamina no tratamento de melasma. **Repositório Digital FacMais**, Inhumas, 2021. Disponível em: <<http://65.108.49.104:80/xmlui/handle/123456789/338>>. Acesso: 15 de maio de 2023.

SOUZA, S. R. P; FISCHER, F. M; SOUZA, J. M. P. Bronzeamento e risco de melanoma cutâneo: revisão da literatura. **Rev. Saúde Pública**, v. 38, n. 4, p. 588–98, 2004.

STELLING, L. F. P; KRAPAS, S. Raças biológicas e “raças humanas” em livros didáticos de biologia raças humanas. Anais do VI Enpec <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/vienpec/apresenta0.html>> Acesso em 15 de maio de 2023.

TEIXEIRA, I. M; SILVA, E. P. História da eugenia e ensino de genética. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 15, p. 63-80, 2017.

VISCONTI, A. et al. Genome-wide association study in 176,678 Europeans reveals genetic loci for tanning response to sun exposure. **Nature Communications**, v. 9, nº 1648, p. 1-7, 2018.

ZHOU, S. et al. Epigenetic regulation of melanogenesis. **Ageing Research Reviews**, v. 69, 2021.