



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA – UEFS



Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências

BRUNO BARROS ALTHOFF

**HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE: PROMOVENDO UM
LETRAMENTO CIENTÍFICO CRÍTICO ATRAVÉS DE UMA QUESTÃO
SOCIOCIENTÍFICA**

Salvador, Bahia

2020

BRUNO BARROS ALTHOFF

**HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE: PROMOVEDO UM
LETRAMENTO CIENTÍFICO CRÍTICO ATRAVÉS DE UMA QUESTÃO
SOCIOCIENTÍFICA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda

Co-orientador: Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani

Salvador, Bahia

2020

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Althoff, Bruno Barros

Herança epigenética da obesidade: promovendo um
letramento científico crítico através de uma questão
sociocientífica / Bruno Barros Althoff. -- Salvador,
2020.

301 f. : il

Orientadora: Claudia de Alencar Serra Sepúlveda.

Coorientador: Charbel Niño El-Hani.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Ensino, Filosofia e História das Ciências) --
Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Educação,
2020.

1. epigenética. 2. pesquisa em design educacional.
3. letramento científico crítico. 4. Ciência-Tecnologia-
Sociedade-Ambiente. 5. questão Sociocientífica. I.
Sepúlveda, Claudia de Alencar Serra. II. El-Hani,
Charbel Niño. III. Título.

BRUNO BARROS ALTHOFF

**HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE: PROMOVEDO UM
LETRAMENTO CIENTÍFICO CRÍTICO ATRAVÉS DE UMA QUESTÃO
SOCIOCIENTÍFICA**

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências, da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Ensino, Filosofia e História das Ciências, pela seguinte banca examinadora:

Banca Examinadora

Prof.^a Dr.^a Cláudia de Alencar Serra e Sepúlveda (Orientadora): _____
Universidade Estadual de Feira de Santana
Doutora em Ensino, Filosofia e História das Ciências

Prof. Dr. Charbel Niño El-Hani (Coorientador): _____
Universidade Federal da Bahia
Doutor em Educação

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Miranda Guimarães: _____
Instituto Federal da Bahia
Doutora em Genética e Biologia Molecular

Prof.^a Dr.^a Danusa Munford: _____
Universidade Federal do ABC
Doutorado em Educação

Prof. Dr. Diogo Meyer: _____
Universidade de São Paulo
Doutor em Integrative Biology

Prof.^a Dr.^a Rosiléia Oliveira de Almeida: _____
Universidade Federal da Bahia
Doutora em Educação

AGRADECIMENTOS

A jornada de um doutorado não é, felizmente, uma empreitada solitária. Muitos foram os que me acompanharam nesse longo caminho, com contribuições intelectuais e afetivas. Finalizando esta etapa em meio a uma pandemia, aprendemos a reconhecer a importância de agradecer a todos que compartilharam esse trajeto, tornando-o mais proveitoso e suportável.

À minha querida amiga orientadora, Claudia Sepúlveda, que aceitou me acompanhar nessa jornada, confiando na minha capacidade de desenvolver um projeto próprio que refletisse meus interesses e objetivos – apesar das frequentes mudanças. Presenciar seu envolvimento e paixão com questões essenciais à educação e à ciência foi um privilégio que contribuiu imensamente para minha formação.

Ao meu coorientador, Charbel El-Hani, por sua disposição em acolher minha vontade de realizar um doutorado na área e por me proporcionar enriquecedores momentos de reflexão sobre o projeto.

À Susie Vieira, pela colaboração no desenvolvimento e aplicação da sequência didática e, claro, pelas conversas terapêuticas, seja nas idas e vindas de Feira de Santana, ou tomando um cafezinho em uma livraria ou em um cinema.

À Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pela oportunidade de aplicar a sequência didática e, claro, pelos alunos de Genética Básica 2018.1, por suas participações envolventes que propiciaram momentos de intensa reflexão ao longo da aplicação. Essa pesquisa não seria a mesma sem a contribuição de vocês!

À CAPES pela concessão da bolsa para a realização deste trabalho. Espero que essa pesquisa retribua para a sociedade brasileira o tanto quanto foi investido em mim para realizá-la.

Aos integrantes das bancas de qualificação e de defesa, Ana Paula, Danuza, Rosi e Diogo, por sua disponibilidade em contribuir para o aprimoramento dessa pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, filosofia e história das ciências (PPGEFHC), seu corpo docente, discente e administrativo.

Aos professores e colegas Nei Nunes-Neto, Dália Conrado, Vanessa Reis, Rosiléia Almeida, Ayane Paiva e Alice Pagan pelas conversas e ensinamentos sobre como alcançar uma educação crítica e libertadora.

Aos amigos de Salvador que acolheram um carioca perdido em território soteropolitano com ótimas companhias: Filipe, Felipe, Vanessa, Lia, Luana, Neima e todos e todas que me fizeram me apaixonar mais por essas terras baianas.

A todos os amigos e amigas que, mesmo distantes, participaram de todo o desenvolvimento da tese, com comentários, discussões, provocações ou apoio emocional: Felipe, Ana, Isabella, Tainá, Wagner, Valquíria, Henrique, Caetano e tantos outros.

Aos membros (assíduos, esporádicos e agregados) do GCPEC, Caburé e LEFHBio, pelas reuniões, parcerias e amizades: Mateus, Mariângela, Marília, Ricardo,

Hemilly, Diego Palmeira, Monta, Breno, Ítalo, Letícia, Tiago, Mário, Greg, Aluska, Anna Cássia e diversos outros que compartilharam esses ambientes acadêmicos comigo.

À Nayara e Tasso por terem me abrigado em Guaibim e ajudado com a transição para Valença.

Aos que compartilharam moradia e convivência comigo. Ao Beto pelo acolhimento em Salvador desde o primeiro dia. Ao Bruno e à Ví pelas tantas conversas, divertidas idas ao píer e inesquecíveis noites de pizza caseira. E, claro, ao Bem, por proporcionar passeios cheios de emoção para sair da rotina acadêmica.

A meus pais e minha irmã pelo apoio, mesmo distante. E ao Simba e à Nala: que nossa separação seja apenas temporária.

A todos os professores e alunos que participaram – e participam – da minha construção profissional. Essa tese é um reflexo da dedicação de todos vocês!

E, por fim, um agradecimento especial à minha querida parceira Bárbara, por estar sempre ao meu lado, participando de todas as aventuras, emoções e mudanças ao longo desses quatro longos anos. Essa tese não teria sido escrita sem seus auxílios nas reflexões, revisões e angústias. Compartilhar a vida ao seu lado (e do Chico e da Dora) foi a melhor parte desse doutorado!

RESUMO

Devido ao seu poder explanatório acerca da relação entre fatores genéticos e ambientais no desenvolvimento e transmissão de características biológicas, a epigenética traz novos elementos que problematizam o determinismo genético e o conceito de herança biológica. Por esses motivos, considerar o campo da epigenética é essencial para a compreensão de diversos fenômenos biológicos, como o desenvolvimento de certos tipos de doenças. Entretanto, a epigenética pode ser utilizada para auxiliar o desenvolvimento de políticas públicas, visando soluções mais eficazes e inclusivas, mas também pode sustentar argumentos voltados para alterização, marginalização e culpabilização de indivíduos. Portanto, o campo da epigenética vem sendo considerado uma competência básica para formação cidadã, já que seu conhecimento pode auxiliar na tomada de decisões. Dentro de uma perspectiva de formação crítica, consideramos importante uma educação para o letramento científico crítico, capaz de formar cidadãos socioambientalmente responsáveis que participem ativamente no âmbito sociopolítico. Para alcançar tal objetivo, o uso de questões sociocientíficas (QSC) no ensino possui potencial pedagógico para mobilizar o exame de valores e interesses nas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Dentre os possíveis temas relevantes relacionados com a epigenética, esta pesquisa aborda o caso da “herança epigenética da obesidade” como QSC. A herança epigenética vem sendo considerada crucial para compreender o aumento da obesidade no mundo. Entretanto, seu potencial é ambivalente: de um lado, seu entendimento pode levar à elaboração de políticas públicas para intervenções de prevenção e tratamento da obesidade; de outro, pode gerar estigmatização e sobrecarga na responsabilidade individual. A presente tese teve como objetivo investigar quais características uma sequência didática (SD) sobre herança epigenética possuem potencial em promover a superação de uma visão genocêntrica e letramento científico crítico no contexto de formação de professores de Biologia. Foi utilizado o referencial teórico-metodológico da pesquisa de design educacional, que consiste em um estudo sistemático do planejamento, desenvolvimento e avaliação de intervenções pedagógicas. A fase preliminar foi realizada através da revisão bibliográfica e diálogo com saber experiencial docente para a construção de uma estrutura conceitual e desenvolvimento dos princípios de design, que orientaram a elaboração de um protótipo da SD. Na fase de prototipagem foi realizada uma validação por pares da SD por meio de questionário enviado para pesquisadores e professores da área, e uma validação dos princípios de design a partir da aplicação da SD. Após as sugestões e críticas provenientes da validação por pares, foram refinados os objetivos de aprendizagem, os casos e a estrutura da SD. Os resultados provenientes da validação em sala de aula indicaram o alcance satisfatório de todos os princípios de design, exceto o quinto princípio, relacionado à mobilização de ações sociopolíticas. A SD se mostrou promissora em utilizar a epigenética para promoção de uma compreensão crítica sobre herança e desenvolvimento de características nos organismos; e o uso de casos para discutir a QSC proposta de forma aos alunos se posicionarem em relação às questões, reconhecendo as relações CTSA e a promoção de valores vinculados à justiça socioambiental. Essa pesquisa abarcou um primeiro ciclo para o aperfeiçoamento da intervenção e dos princípios de design, visando a iteração em estudos futuros.

Palavras-chave: epigenética; pesquisa em design educacional; letramento científico crítico; Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente; Questão Sociocientífica; herança epigenética transgeracional; obesidade.

ABSTRACT

Due to its explanatory power in relation to genetic and environmental factors for the development and transmission of biological traits, epigenetics brings new elements that problematize genetic determinism and the concept of biological inheritance. For these reasons, considering the field of epigenetics is essential for understanding various biological phenomena, such as the development of certain types of diseases. However, epigenetics can be used to assist the development of public policies, aiming at more effective and inclusive solutions, but it can also support arguments aimed at altering, marginalizing and blaming individuals. Therefore, the field of epigenetics has been considered a basic competence for citizen education, since their knowledge can assist in decision making. Within a perspective of critical formation of students, we consider an education for critical scientific literacy important, capable of forming socially and environmentally responsible citizens who actively participate in the socio-political sphere. To achieve this goal, the use of socioscientific issues (SSI) in teaching has a pedagogical potential to mobilize values and interests in Science, Technology, Society and Environment (STSE) relationships. Among the possible relevant themes related to epigenetics, the present thesis uses the case of the “epigenetic inheritance of obesity”. Epigenetic inheritance has been considered crucial to understand the increase in obesity worldwide. However, its potential is ambivalent: on one hand, its understanding can lead to the development of public policies for interventions for the prevention and treatment of obesity; on the other, it can generate stigmatization and overload on individual responsibility. The present thesis aimed to investigate what characteristics a didactic sequence (DS) on epigenetic inheritance must have to promote the overcoming of a genocentric vision and critical scientific literacy in the context of Biology teacher education. It was used the theoretical-methodological framework of educational design research, which consists of a systematic study of the planning, development and evaluation of pedagogical interventions. The preliminary phase was carried out through review of literature and dialogue with teaching experiential knowledge for the construction of a conceptual structure and development of design principles, which guided the development of an DS prototype. The prototyping phase was carried out a peer validation of the educational intervention through a questionnaire sent to researchers and teachers of the study area, and a validation of the design principles from the application of the DS. After the suggestions and criticisms from the peer validation, it was refined the learning objectives, the cases and the DS structure. The results from the validation in the classroom indicated the satisfactory reach of all design principles, except the fifth principle, related to the mobilization of sociopolitical actions. The DS has shown promise in using epigenetics to promote a critical understanding of inheritance and development of characteristics in organisms; and the use of cases to discuss the proposed SSI in order for students to position themselves in relation to the issues, recognizing STSE relations and the promotion of values linked to socio-environmental justice. This research covered a first cycle to improve the intervention and design principles, aiming at iterating in future studies.

Keywords: epigenetics; educational design research; critical scientific literacy; Science-Technology-Society-Environment; socio-scientific issues; transgenerational epigenetic inheritance; obesity.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1:** Conflito de tradições de pesquisa: Preformação e epigênese são entendidas como duas tradições de pesquisa que se transformam e se alternam historicamente. Cada período pode ser nomeado de acordo com perspectiva teórica hegemônica que o caracterizou. Note que períodos de crise, sem hegemonia, precedem a troca de tradição de pesquisa. Fonte: Botelho (2007). 26
- Figura 2:** (a) Parte de uma paisagem epigenética. O caminho traçado pela bola, enquanto ela rola em direção ao espectador, corresponde à história de desenvolvimento de uma dada parte do óvulo. (b) O complexo sistema de interações subjacente à paisagem epigenética. Os espeques no chão representam os genes; as cordas que partem deles representam as tendências químicas que os genes produzem. A modelagem da paisagem epigenética, que desce até o horizonte, é controlada pelo puxão dessas numerosas cordas, que em última instância estão ancorados nos genes. Fonte: Waddington (1957). 27
- Figura 3:** Formas alternativas de herança epigenética transgeracional: (a) na herança epigenética de células germinativas, um efeito ambiental que ocorre durante o desenvolvimento embrionário resulta em uma mudança epigenética nas células germinativas da prole da primeira geração (F1) que é transmitida à prole F2, prole F3 e assim por diante; (b) na herança epigenética dependente da experiência, as marcas epigenéticas nos pais responsáveis pelo cuidado maternal/parental modificam seu comportamento de uma maneira que provoca a ocorrência das mesmas marcas epigenéticas na próxima geração. Dessa forma, a mudança comportamental recria as marcas epigenéticas novamente a cada geração. Fonte: Danchin et al. (2011). 35
- Figura 4:** Modelos da relação entre genótipo e fenótipo, apresentadas segundo graus crescentes de complexidade, desde uma compreensão determinística a probabilística da determinação de características. Adaptado de Carver et al. (2017). 41
- Figura 5:** Três modelos de herança. a) Herança mendeliana, pela qual a herança é mediada apenas pela transmissão (seta azul) de genes, não afetada pelo ambiente (herança dura), dos pais (F_0) aos filhos (F_1). b) O modelo de 'codificação genética' da herança branda, segundo o qual a herança é mediada pela transmissão de alelos gênicos, mas esses alelos estão sujeitos a modificações na linha germinativa por fatores originários das células somáticas (seta verde), permitindo assim a herança de características adquiridas. c) O modelo de herança pluralista, pelo qual a herança é mediada pela transmissão de alelos genéticos ('herança genética', seta azul) ao lado de um conjunto de outros fatores (não genéticos), incluindo algumas características adquiridas ('herança não genética', seta verde). Fonte: Bonduriansky (2012)... 566
- Figura 6:** Esquema demonstrando o processo cíclico e iterativo das fases da design educacional. Adaptado de McKenney (2001). 1111
- Figura 7:** Desenho metodológico da presente pesquisa, organizado de acordo com as duas primeiras fases da pesquisa em design educacional 1133
- Figura 8:** Organização espacial da sala de aula (a) durante as aulas teóricas e (b) durante as aulas práticas. 11919
- Figura 9:** Representação da unidade básica do modelo adaptado de Conrado (2017): estrutura de três elementos (caso, questões orientadoras e objetivos CPA de aprendizagem) para abordagem de QSCs em sala de aula, a partir do contexto pedagógico da Educação CTSA.. 1444
- Figura 10:** Uma representação do modelo proposto para o ensino de ciências a partir de QSCs no contexto da Educação CTSA. Fonte: Conrado (2017). 1466

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparação dos compromissos que sustentam o modo de pensar das zonas de preformacionismo genético e epigênese, de acordo com cada tema semântico. Fonte: Reis (2017).....	57
Quadro 2: Modelo de mapa de atividade utilizado, referente à quarta aula da sequência didática.	121
Quadro 3: Caracterização geral das zonas de um perfil conceitual de herança biológica. Fonte: Reis (2018).....	127
Quadro 4: Ferramenta de análise sobre as zonas do perfil conceitual de herança biológica com base nos compromissos epistemológicos, de acordo com Reis (2018).....	128
Quadro 5: Parâmetros para avaliar o alcance de letramento científico crítico. Fonte: Conrado (2017).	131
Quadro 6: Ferramenta de análise sobre as capacidades de proposição de ação sociopolítica. Fonte: Paiva (2019).....	132
Quadro 7: Princípios de design desenvolvidos para a Sequência Didática sobre “Herança epigenética da obesidade”.	139
Quadro 8: Organização e estrutura da Sequência Didática sobre “Herança epigenética da obesidade”.	147
Quadro 9: Objetivos de aprendizagem considerando as dimensões conceitual, procedimental e atitudinal do conteúdo para a Sequência Didática sobre “Herança epigenética da obesidade”.	149
Quadro 10: Sistematização da análise dos resultados da sequência didática sobre “herança epigenética da obesidade”, de acordo com cada princípio de design, destacando, para cada expectativa de ensino, quais as ferramentas de análise foram utilizadas, quais episódios de ensino e fontes de informação complementar foram analisados.....	164
Quadro 11: Análise da caracterização dos episódios analisados em relação aos compromissos epistemológicos das zonas do perfil conceitual de herança biológica, de acordo com Reis (2018).	178
Quadro 12: Análise geral sobre as proposições de ação sociopolítica do grupo 1.....	212
Quadro 13: Análise geral sobre as proposições de ação sociopolítica do grupo 2.....	215

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação internacional de Índice de Massa Corporal para indivíduos adultos (maiores de 18 anos) (OMS, 2018).....	73
Tabela 2: Avaliação por pares da adequação da Sequência Didática, em que OE = Objetivos de Ensino; e OA = Objetivos CPA de Aprendizagem.	1578

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1: CONTRIBUIÇÕES DA EPIGENÉTICA PARA A SUPERAÇÃO DO REDUACIONISMO GENÉTICO E A FORMAÇÃO PARA AÇÃO SOCIOPOLÍTICA DE PROFESSORES DE BIOLOGIA	20
1.1 RECAPITULAÇÃO HISTÓRICA, MECANISMOS E HERANÇA.....	25
1.2 IMPLICAÇÕES PARA O DETERMINISMO GENÉTICO.....	37
1.3 IMPLICAÇÕES PARA O CONCEITO DE HERANÇA BIOLÓGICA.....	47
1.4 CONSIDERAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA	59
CAPÍTULO 2: O POTENCIAL DE UMA QSC SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA TRANSGERACIONAL DA OBESIDADE PARA O ALCANCE DO LETRAMENTO CIENTÍFICO CRÍTICO	68
2.1 A OBESIDADE NO BRASIL E NO MUNDO	701
2.2 A HERANÇA EPIGENÉTICA TRANSGERACIONAL DA OBESIDADE	75
2.3 O POTENCIAL AMBIVALENTE DA EPIGENÉTICA NA PREVENÇÃO E TRATAMETNO DA OBESIDADE	81
2.4 A PREVENÇÃO E TRATAMENTO DA OBESIDADE ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM CTSA.....	87
2.5 O POTENCIAL DA ‘HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE’ COMO QSC	104
CAPÍTULO 3: PROCESSO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE	108
3.1 PESQUISA EM DESIGN EDUCACIONAL.....	108
3.2 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E ASPECTOS ÉTICOS	113
3.3 INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	116
3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA PRODUÇÃO DE EPISÓDIOS DE ENSINO....	118
3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN	122
CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN E DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO “HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE”	134
4.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN	134
4.2 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	142

CAPÍTULO 5: VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN REFERENTES A UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE.....	156
5.1 VALIDAÇÃO POR PARES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	157
5.2 VALIDAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN.....	163
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	219
REFERÊNCIAS.....	226
APÊNDICE A.....	263
APÊNDICE B.....	278
APÊNDICE C.....	280
APÊNDICE D.....	283
APÊNDICE E.....	293
APÊNDICE F.....	298
APÊNDICE G.....	301

INTRODUÇÃO

Embora o termo “epigenética” não seja recente (WADDINGTON, 1942), podemos reconhecer um aumento expressivo de sua utilização nas últimas décadas, tanto pela comunidade científica (DEICHMANN, 2016), quanto pela mídia (LAPPÉ, 2016). Isso ocorre, principalmente, devido às implicações provenientes desse campo em explicar as interações entre fatores ambientais e genéticos e a possibilidade de transmissão de características adquiridas (JABLONKA; LAMB, 2010). Dessa forma, o campo da epigenética traz uma nova abordagem em relação ao debate histórico entre natureza (*nature*) e cultura (*nurture*), problematizando visões associadas ao reducionismo e determinismo genético (BURBANO, 2006).

Imerso em uma polissemia que dificulta sua definição precisa, a epigenética pode ser compreendida como processo (WADDINGTON, 1942), como mecanismo (HOLLIDAY, 1990) ou como campo de estudo (JABLONKA; RAZ, 2009). Geralmente, a epigenética é definida como as alterações que afetam a atividade e a expressão dos genes, mas também pode ser utilizada para descrever qualquer alteração fenotípica hereditária (DEANS; MAGGERT, 2015). Independentemente de tais controvérsias, é consenso a ideia de que os fatores genéticos não são suficientes para explicar o desenvolvimento das características dos organismos.

A ideia de que os fatores genéticos podem explicar satisfatoriamente os fenômenos biológicos (tais como desenvolvimento, herança e evolução) dominou a segunda metade do século XX (WILLIAMS, 1966; DAWKINS, 1976). Entretanto, essa visão foi muito criticada por diversos cientistas pelo seu reducionismo¹, desconsiderando as influências de outros fatores, como os ambientais, sociais, culturais, etc. (LEWONTIN, 1998). Essa visão reducionista centrada nos genes (“genecêntrica”) possui duas implicações principais: a ideia de que tais fatores são suficientes para explicar o desenvolvimento de fenótipos e a interpretação da herança biológica como a transmissão de fatores exclusivamente genéticos.

Ainda que a epigenética desafie essa visão, ao reconhecer a influência de fatores ambientais na expressão gênica e a possibilidade de transmissão de fatores não genéticos

¹ O reducionismo genético é uma crença de que os genes possuem a explicação final para muitas características de organismos vivos, incluindo os humanos.

para as gerações seguintes, o genocentrismo continua prevalecendo no ensino de ciências (SCHNEIDER et al. 2011; GERICKE et al., 2017). Além disso, devido à contribuição em como compreendemos diversos temas relevantes para a sociedade, tais como o desenvolvimento de certas doenças, a epigenética está se tornando uma competência básica para tomada de decisão consciente e responsável na sociedade (MOORE, 2017). Logo, de forma a superar essa visão, consideramos essencial que a epigenética seja incluída no ensino de Biologia e, portanto, considerada como conteúdo básico na formação de professores (ARAÚJO, 2017).

Diversos são os motivos para inserir o campo da epigenética na formação de professores de Biologia. A primeira razão remete à acessibilidade em implementar tal conteúdo em uma disciplina de Genética Básica no Ensino Superior. Por ser um campo do conhecimento fundamental para a formação de professores de Biologia, a disciplina de genética se apresenta como obrigatória nos currículos desses cursos (BRASIL, 2001). Pelo campo da epigenética abranger, principalmente, os marcadores moleculares que ativam e desativam genes, sua compreensão pode promover um ensino que alcance um maior nível de complexidade no funcionamento do próprio campo da genética. Dessa forma, a inclusão da epigenética em uma disciplina de Genética Básica se faz possível e, mais do que isso, urgente, já que abordaria a disciplina através de uma nova perspectiva, permitindo uma formação mais contextualizada com as discussões científicas recentes.

A segunda razão se deve à importância de compreender o campo da epigenética para repensar temas como o determinismo biológico, o conceito de herança biológica e o processo de evolução biológica. Os marcadores epigenéticos são mecanismos essenciais para relacionar a influência de fatores ambientais à expressão gênica e, portanto, para compreender a interação entre gene e ambiente (TAMMEN; FRISO; CHOI, 2013). Além disso, diversas evidências sugerem que esses mecanismos podem ser transmitidos para as gerações seguintes (JABLONKA; RAZ, 2009). A compreensão desses fenômenos pode possibilitar visões mais críticas em relação a temas envolvidos tradicionalmente em uma interpretação genocêntrica. A inclusão da epigenética fragiliza os pressupostos reducionistas, já que, ao incluir a influência de fatores ambientais, dificulta a interpretação da genética como fator majoritariamente relevante no desenvolvimento e transmissão das características.

Por fim, a terceira razão envolve a possibilidade de abordar tal conteúdo de forma contextualizada a temas que vão além da dimensão científica. Ao abranger a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento das características, a epigenética adiciona

uma nova dimensão de complexidade ao conhecimento científico em relação às implicações sociopolíticas, econômicas e éticas, se comparada ao campo da genética (BRUKAMP, 2017). No campo da saúde, por exemplo, a epigenética tem se mostrado de grande relevância em interpretar fenômenos e desenvolver estratégias para prevenção e tratamento de doenças (BAKULSKI; FALLIN, 2014). A reversibilidade dos mecanismos epigenéticos, seja pela alteração ambiental ou através de medicamentos, pode nos auxiliar a desenvolver políticas públicas de inclusão, visando soluções mais eficazes (JABLONKA, 2004). Entretanto, a epigenética também pode sustentar agendas voltadas para alterização, marginalização e culpabilização de indivíduos (MELONI, 2016b).

Esse potencial ambivalente da epigenética aponta para a necessidade de contextualizá-la de forma crítica e baseada em princípios éticos de justiça social. Portanto, é necessária uma educação que tenha como objetivo preparar o aluno para questionar ideologias, valores e práticas hegemônicas, de forma a possibilitar uma formação para a cidadania em uma democracia participativa a favor de mudanças socioambientais necessárias (SANTOS; MORTIMER, 2002). Dessa forma, pode-se alcançar uma educação que possibilite uma transformação social e política, no sentido da construção de uma sociedade mais justa, equitativa, e ambientalmente sustentável (CONRADO, 2017).

Portanto, é importante compreender a epigenética de forma contextualizada com suas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), a fim de possibilitar a integração de aspectos éticos e políticos e reconhecer os valores e interesses na atividade científica. Dentro do âmbito da educação, a abordagem CTSA pode alcançar um ensino mais humanitário e menos cientificista a partir de contextualização, interdisciplinaridade e criticidade (AULER; BAZZO, 2001). A formação de professores de Biologia dentro dessa perspectiva é importante para o reconhecimento e superação de um ensino cientificista, considerando os valores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem para a formação de cidadãos críticos e socioambientalmente responsáveis (GIROUX, 1988; HODSON, 2011).

Dito isso, decidir como abordar o conteúdo de uma intervenção pedagógica pode ser um grande desafio devido à grande diversidade de possibilidades e propostas existentes. Em meio a intensas alterações políticas no país e no mundo que ameaçam a própria democracia (MOUNK, 2019), vinculado a retrocessos socioambientais críticos no país (ABESSA; FAMÁ; BURUAEM, 2019), seria imprescindível desenvolver uma abordagem do conteúdo que abarcasse um ensino crítico e voltado para uma conscientização e mobilização sociopolíticas no ensino de Biologia.

Dentro dessa perspectiva, o conceito de letramento científico crítico é relacionado com uma educação científica voltada à formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de dialogar criticamente reconhecendo as ideologias e interesses por trás das decisões e ser participativo sociopoliticamente, promovendo valores de justiça socioambiental (HODSON, 2011; CONRADO et al., 2012). Para alcançar o letramento científico crítico, o uso de questões sociocientíficas (QSCs) é considerado uma estratégia pedagógica eficaz a ser implementada em sala de aula, dentro de um contexto de uma Educação CTSA. As QSC são problemas socioambientais controversos e atuais que podem ser abordados na educação científica de forma a alcançar um letramento científico crítico, ao envolver conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, através de aspectos científicos, tecnológicos, éticos, políticos, culturais, etc. (CONRADO, 2017). A abordagem de QSC na formação de professores é defendida por Martínez (2012) e Conrado (2017), por sua contribuição na capacitação de profissionais reflexivos e críticos quanto à prática educacional.

Por essa razão, decidimos investigar o potencial de uma sequência didática (SD)² em promover letramento científico crítico e uma superação do reducionismo genético, com base em uma QSC sobre “herança epigenética da obesidade”, na formação de professores. Portanto, a presente pesquisa possui um caráter duplo: formação de professores de biologia, através da apresentação de conceitos sobre epigenética e referenciais teóricos sobre Educação CTSA, QSC e letramento científico crítico; e formação para cidadania e atuação sociopolítica, através do alcance de um letramento científico crítico.

A escolha pelo tema de obesidade, dentre tantos outros possíveis envolvendo a epigenética (câncer, doenças cardiovasculares, etc.) ocorreu por diversos motivos. Primeiramente, o aumento na taxa de obesidade no Brasil e no mundo nas últimas décadas fazem da obesidade um tema relevante para ser tratado no ensino (BRASIL, 1997). Segundo, a prevenção e tratamento da obesidade possui relações CTSA evidentes, com influências complexas de questões científicas, políticas, econômicas, sociais, éticas e emocionais (FELT; FELDER; PENKLER, 2015). Por fim, o potencial da epigenética em explicar o desenvolvimento da obesidade através da influência ambiental nos mecanismos

² Conceituamos “sequência didática” como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 18).

de expressão gênica, bem como a possibilidade de transmissão para gerações seguintes (ROBERT, 2017), podem auxiliar na elaboração de tratamentos e medidas de políticas públicas eficazes na prevenção e tratamento da obesidade (BAKULSKI; FALLIN, 2014).

O projeto teve como base o referencial teórico-metodológico da pesquisa em design educacional (*educational design research*) (COBB et al., 2003), que consiste em um estudo sistemático do planejamento, desenvolvimento e avaliação de intervenções pedagógicas. Essa investigação busca não somente desenvolver soluções para problemas de ensino, mas também avançar o nosso conhecimento sobre as próprias características de intervenções bem-sucedidas e de seus processos de planejamento e desenvolvimento educacional (PLOMP; NIEVEEN, 2009).

De forma geral, a pesquisa em design educacional pode ser dividida em três fases: “pesquisa preliminar”, consistindo de revisão bibliográfica, análise de conteúdos e desenvolvimento de um quadro conceitual teórico para a pesquisa; “fase de prototipagem”, consistindo em iterações, cada um sendo um microciclo de pesquisa, com avaliação formativa como a atividade de pesquisa mais importante destinada a melhorar e refinar a intervenção; e a “fase avaliativa”, consistindo de uma avaliação final para concluir se a solução ou intervenção atendeu às especificações pré-determinadas, além de finalizar a pesquisa com considerações e recomendações para as próximas.

Os produtos teóricos da pesquisa em design educacional são os princípios de design, que podem ser definidos como enunciados heurísticos construídos com a intenção de orientar o planejamento de intervenções educacionais (PLOMP, 2009; SEPULVEDA et al., 2016). Após sua aplicação em contexto real de sala de aula, se as expectativas de ensino forem alcançadas, os princípios de design podem vir a compor uma teoria de ensino específica para um determinado conhecimento (PLOMP, 2009).

O objetivo desta pesquisa foi, portanto, desenvolver e validar os princípios de design que o desenvolvimento de uma SD sobre herança epigenética da obesidade deve apresentar para promover condições para superar uma visão genecêntrica e para o alcance do letramento científico crítico, no contexto de formação de professores de Biologia. Traduzindo esse objetivo em pergunta de pesquisa nos moldes da tradição em pesquisa em design educacional, pode-se formulá-la da seguinte forma: “Quais características de uma sequência didática (SD), abordando a herança epigenética da obesidade, possuem o potencial de promover uma superação da visão genecêntrica e o alcance do letramento científico crítico, no contexto de uma disciplina de Genética na formação de professores de Biologia?”

Reconhecendo a utilidade pedagógica da tese como introdução e referência sobre os temas investigados, decidimos por escrevê-la em formato monográfico. Dessa forma, esperamos apresentar, didaticamente, os conhecimentos mobilizados, a fim de alcançar pesquisadores, professores, alunos e outras pessoas interessadas nos temas. Dito isso, a estrutura da presente tese está organizada de acordo com a metodologia de pesquisa em design educacional, considerando as etapas de “pesquisa preliminar” e “fase de prototipagem”.

Os dois primeiros capítulos abarcam a primeira etapa da investigação (pesquisa preliminar), em que iremos apresentar a revisão de literatura sobre os temas da pesquisa. No Capítulo 1 investigaremos a importância de abordar o campo da epigenética na formação de professores de biologia a fim de alcançar um ensino que supere o genocentrismo, a partir da análise de seu impacto em duas questões principais: o determinismo genético e o conceito de herança biológica. Primeiramente iremos abordar o desenvolvimento histórico e os mecanismos moleculares responsáveis pelas marcações epigenéticas, bem como a possibilidade de sua transmissão para as próximas gerações. Em seguida, apresentaremos as implicações do campo da epigenética para compreender a interação entre gene e ambiente e superar o determinismo genético, e para compreender o conceito de herança biológica de forma a reconhecer a transmissão de fatores não genéticos. Por fim, analisaremos as considerações para a formação de professores de Biologia a fim de alcançar um ensino que supere o genocentrismo e que vise a formação de cidadãos críticos e socioambientalmente responsáveis.

No Capítulo 2 analisaremos as relações CTSA envolvendo a QSC sobre “herança epigenética da obesidade”, de forma a investigar seu potencial em promover o letramento científico crítico em discentes. Primeiramente iremos analisar o aumento da obesidade no Brasil e no mundo, investigando suas causas e consequências socioeconômicas. Em seguida analisaremos as diversas hipóteses propostas para explicar o aumento da taxa de obesidade no mundo, introduzindo o campo da epigenética como fundamental para compreender o desenvolvimento da obesidade, reconhecendo as interações entre os fatores biológicos e ambientais. Reconhecendo o potencial ambivalente do discurso da epigenética, investigaremos os valores presentes nos discursos científicos e populares para identificar como a epigenética está sendo utilizada na sociedade. Após, analisaremos criticamente a prevenção e tratamento da obesidade no Brasil e no mundo através de uma abordagem CTSA, reconhecendo os valores e interesses envolvidos, bem como os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais relacionados. Por fim,

investigaremos o potencial da QSC em promover o letramento científico crítico em discentes e, principalmente, professores, através de uma estrutura pedagógica que considere os fatores investigados no capítulo.

No Capítulo 3 apresentaremos o processo metodológico para o desenvolvimento dos princípios de design e para a elaboração da SD. Primeiramente será explicado o referencial teórico-metodológico da pesquisa em design educacional, introduzindo seus fundamentos teóricos, explicando sua função e importância no desenvolvimento de um projeto de pesquisa em ensino e o modo como será aplicada no desenho metodológico do estudo relatado na presente tese. Em seguida, apresentaremos o contexto em que a pesquisa foi realizada, bem como os aspectos éticos envolvidos. Em seguida, explicaremos os métodos e ferramentas de análise utilizados no estudo: o instrumento de validação por pares da SD, os procedimentos metodológicos para produção dos episódios de ensino e, por fim, os procedimentos e ferramentas de análise para validação dos princípios de design.

No Capítulo 4 iremos relatar os primeiros resultados, referentes ao final da primeira etapa da pesquisa em design educacional. Primeiramente iremos apresentar e discutir os princípios de design propostos, baseados na revisão de literatura apresentada nos capítulos 1 e 2, e que orientaram o planejamento e desenvolvimento da SD. Em seguida, apresentaremos a estrutura do primeiro protótipo da SD sobre a QSC “herança epigenética da obesidade”, desenvolvido colaborativamente com a professora de Genética Básica da UEFS.

O Capítulo 5 abrangerá os resultados do primeiro ciclo de prototipagem (segunda fase da pesquisa em design educacional). Devido a limitações logísticas no desenvolvimento da pesquisa, a aplicação da SD em contexto real de sala de aula ocorreu antes do refinamento do material proveniente da validação por pares. Assim, consideramos que esse primeiro ciclo apresentou duas estratégias de validação, as quais foram analisadas conjuntamente de forma a investigar a adequação do material e dos princípios de design. Portanto, a partir da análise das respostas, críticas e sugestões propostas por professores e pesquisadores através da ferramenta de validação, e a partir da análise dos episódios de ensino ocorridos em sala de aula, refinamos a SD e os princípios de design mediante sua adequação aos objetivos de pesquisa propostos.

Por fim, na seção de Considerações Finais da tese, iremos sintetizar os principais resultados da pesquisa, apresentando perspectivas e recomendações para aplicações futuras.

Devido à pesquisa em design educacional demandar um tempo maior do que o disponível em um doutorado para sua conclusão, essa tese abarca apenas a finalização de um ciclo de prototipagem. Esses resultados não podem, ainda, ser generalizados para avaliar a capacidade da intervenção de alcançar os objetivos educacionais, uma vez que essa etapa só pode ser realizada após alcançar a fase de avaliação, após vários ciclos de investigação (PLOMP, 2009). Esperamos, dessa forma, que a presente tese sirva como o estabelecimento inicial de um programa de pesquisa que possibilite continuar aperfeiçoando e refinando o modelo teórico proposto e o produto educacional desenvolvido, aplicando-o em diferentes contextos educacionais.

CAPÍTULO 1: CONTRIBUIÇÕES DA EPIGENÉTICA PARA A SUPERAÇÃO DO REDUACIONISMO GENÉTICO E A FORMAÇÃO PARA AÇÃO SOCIOPOLÍTICA DE PROFESSORES DE BIOLOGIA

O campo da epigenética vem chamando cada vez mais atenção, tanto na comunidade científica (DEANS; MAGGERT, 2015; DEICHMANN, 2016), quanto na mídia (LAPPÉ, 2016). Sua taxa de publicação no meio acadêmico vem crescendo exponencialmente desde a virada do século, influenciando diversas áreas, como oncologia, nutrição, psicologia e filosofia (MCGOWAN et al., 2009; FELSENFELD, 2014; MOORE, 2015; ARAÚJO, 2017; BRUKAMP, 2017), devido ao seu potencial em explicar diversos fenômenos biológicos – da expressão gênica à evolução dos organismos (JABLONKA; LAMB, 2010). Da mesma forma, a cobertura da epigenética pela mídia aumentou consideravelmente nos últimos anos, focando, principalmente, na possibilidade de transmissão, para os filhos, de doenças e disfunções adquiridas pelos pais, acarretando em discussões sobre como a comunicação da pesquisa em epigenética está moldando as responsabilidades sociais e individuais de saúde (LAPPÉ, 2016).

Entretanto, é importante ter cautela em relação à afirmação da natureza revolucionária da epigenética (MADERSPACHER, 2010; CAREY, 2011). De acordo com Deichmann (2016), a ascensão do campo da epigenética não pode ser considerada uma revolução no sentido kuhniano (KUHN, 1962), já que sua pesquisa, embora abra novas áreas de pesquisas relacionadas aos mecanismos de regulação gênica, não substitui o paradigma da informação genômica como uma das principais causas de hereditariedade e desenvolvimento. Ainda assim, é indiscutível o impacto do campo da epigenética na forma como concebemos a interação entre o genótipo e o ambiente no desenvolvimento do fenótipo, ao nos indicar que a informação em nossos genes não é suficiente para determinar nossas características (RIDLEY, 2003; KELLER, 2010; MOORE, 2013).

Devido à explicação das interações entre fatores genéticos e ambientais, o campo da epigenética traz uma nova abordagem em relação ao debate histórico entre natureza (*nature*) e cultura (*nurture*). Tal debate possui origens históricas antigas (MOORE, 2015), embora suas bases modernas possam ser creditadas a Francis Galton (1895), abarcando tanto o desenvolvimento das características dos seres vivos, quanto a natureza da transmissão dessas características. Por séculos, pesquisadores, tanto das ciências biológicas quanto sociais, discutiram o grau de influência desses fatores para determinadas características em humanos (*e.g.* WILSON, 1979). Ainda que a maioria dos pesquisadores reconhecesse que a explicação se encontrava em algum ponto do contínuo

entre natureza e cultura, não era incomum que afirmações priorizassem maior influência de um sobre o outro, sendo classificadas em um dos dois polos: como determinismo biológico (GOULD, 1981; LEWONTIN; ROSE; KAMIN, 1984; MOORE, 2003) ou como determinismo social/cultural (PINKER, 2002; DUSCHINSKY, 2012).

Devido ao sucesso da Biologia Molecular no século passado (WATSON; CRICK, 1953) e a proliferação de estudos comparativos entre gêmeos monozigóticos (LOEHLIN; NICHOLS, 1976), o reconhecimento de que havia um componente biológico (gene) para a maioria das características fortaleceu a ideia de que a natureza predominava sobre a cultura (MEANY, 2001; LOCK, 2013). Essa ideia de que os fenômenos biológicos poderiam ser explicados satisfatoriamente pela Biologia Molecular é um dos pressupostos da Síntese Moderna da evolução, desenvolvida ao longo do século XX, e criticada por muitos cientistas por ser uma visão reducionista centrada nos genes – ou “genecêntrica” (LEWONTIN, 1998; GOULD, 2002; BURBANO, 2006).

A visão genecêntrica da evolução estipula que a evolução adaptativa ocorre através da sobrevivência diferencial dos genes concorrentes, aumentando a frequência de alelos daqueles cujos efeitos de características fenotípicas promovem, com sucesso, sua própria propagação (DAWKINS, 1976). Essa visão possui diversas consequências para a forma como compreendemos os fenômenos biológicos. No presente capítulo, abordaremos, principalmente, seu impacto sobre visões deterministas no desenvolvimento de características e sobre visões de herança biológica centradas no gene.

Primeiramente, em relação à visão determinista, temos a ideia de que as características dos seres vivos são influenciadas, majoritariamente, por fatores genéticos (GOULD, 1991). Com o avanço do campo da genética no último século, a ideia de que genes são as principais bases para o desenvolvimento de características dos organismos se estabeleceu no discurso científico (DAWKINS, 1976; WILSON, 1979). Atualmente, na era pós-genômica³, os resultados do Projeto Genoma Humano (2004) e do ENCODE (2004), ao demonstrar a complexidade e dinamismo do funcionamento molecular e suas diversas interações com fatores internos e externos, evidenciaram os limites dos argumentos do determinismo genético e a urgência de mudança do discurso científico

³ Interpretamos a pós-genômica, não apenas em termos cronológicos (após os resultados do Projeto Genoma Humano, em 2003), mas também em termos epistemológicos, ao reconhecer as lacunas no conhecimento e as complexidades imprevistas que envolvem o gene que tornaram nossa compreensão de sua função cautelosamente provisória e perenemente contingente (MELONI; TESTA, 2014).

relacionado ao gene (PERBAL, 2015; EL-HANI, 2016). Além de não condizer com o conhecimento científico vigente, o determinismo genético é um perigoso guia para políticas sociais (ROSE, 1995), utilizado, historicamente, para fundamentar argumentos a favor de estigmatização, racismo e eugenia⁴ (GOULD, 1991; LEWONTIN, 2000).

Dentre os campos de pesquisa estudados na era pós-genômica, a epigenética possui relativa importância ao estabelecer os mecanismos que permitem a influência do ambiente na expressão gênica, demonstrando que a dicotomia entre natureza e cultura não se sustenta, já que os fatores genéticos e ambientais interagem entre si. Logo, pesquisadores como Meaney (2001a), Keller (2010) e Moore (2015) argumentam que esse debate se tornou ingênuo e obsoleto: é impossível analisar o desenvolvimento e transmissão de qualquer característica sem considerar a complexa interação entre esses dois fatores.

Devido à consideração das influências ambientais que envolvem o organismo, bem como a possibilidade de reversão das marcações moleculares que regulam os genes e sua transmissão para as próximas gerações, a epigenética pode possibilitar, por exemplo, medidas inclusivas de saúde pública que considerem as condições socioambientais dos indivíduos (JABLONKA, 2004; BAKULSKI; FALLIN, 2014). Entretanto, há de estar alerta para as consequências sociopolíticas do campo da epigenética (MELONI, 2016b). Da mesma forma que esse novo campo pode ser utilizado para desenvolver medidas que visem a justiça socioambiental, Waggoner e Uller (2015) alertam para sua utilização em abordagens deterministas, culpabilizando indivíduos pelas suas escolhas (RICHARDSON et al., 2015), podendo levar a novas formas de eugenia (MELONI, 2016a).

Segundo, além do determinismo, o genocentrismo também influencia a nossa compreensão sobre a transmissão de características para as próximas gerações. A ideia de que a herança biológica pode ser reduzida à transmissão de genes tem como base a genética mendeliana, embora sua origem possa ser traçada a discussões anteriores na história da Biologia (KELLER, 2002). A exclusão da transmissão de fatores não-genéticos e da possibilidade de transmissão de características adquiridas do conceito de herança biológica se estabeleceu ao longo do desenvolvimento da Síntese Moderna da

⁴ Utilizamos a definição clássica de Galton (1904) para eugenia como “a ciência que lida com todas as influências que melhoram as qualidades inatas de uma raça; também com aqueles que os desenvolvem com a máxima vantagem”.

evolução (DOBZHANSKY, 1937; HUXLEY, 1942), concretizando o que foi denominado “herança dura” (MAYR, 1982). A explicação da herança biológica genecêntrica estabelece que toda informação necessária para o organismo se desenvolver, sobreviver e se reproduzir é transmitida através das moléculas de DNA para as gerações seguintes. Atualmente, pesquisadores propõem redefinir o conceito de herança biológica para incluir diversos outros fatores que influenciam na transmissão de características, tais como citoplasmáticos, epigenéticos, ambientais e comportamentais (JABLONKA; LAMB, 2010; BONDURIANSKY; DAY, 2018).

Entretanto, o ensino de Biologia continua fundamentando visões dicotômicas sobre natureza e cultura (SILVA-PORTO, 2008; GERICKE et al., 2017), priorizando discursos genecêntricos na explicação de fenômenos biológicos, seja no desenvolvimento das características dos organismos (CASTÉRA et al., 2008; GERICKE et al., 2017) ou nas explicações sobre herança biológica (CASAGRANDE, 2006; SCHNEIDER et al. 2011). Logo, devido ao reconhecimento das interações entre fatores genéticos e ambientais, consideramos que a inclusão da epigenética no ensino de Biologia seja essencial para superar discursos reducionistas. Considerando o papel fundamental do professor em desenvolver o processo de produção de conhecimento nos alunos (SAVIANI, 2009), realçamos a importância de capacitar profissionais capazes de interpretar e ensinar os fenômenos biológicos através da visão interacionista e pluralista proporcionada pela epigenética.

Além disso, devido às suas implicações em como compreendemos o desenvolvimento de certos tipos de doenças, integrando fatores biológicos e ambientais, a epigenética vem se tornando uma competência básica para compreender as discussões atuais na ciência e na sociedade (REDFIELD, 2012). Entretanto, para que o discurso sobre epigenética considere os aspectos sociopolíticos envolvidos e não reproduza valores de marginalização e culpabilização de indivíduos vulneráveis, sua abordagem deve considerar os aspectos éticos do campo de pesquisa.

Para isso, é necessário considerar uma formação de professores que supere uma visão cientificista⁵ e descontextualizada da sociedade. Uma abordagem importante nesse sentido é a perspectiva Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que, ao

⁵ De acordo com Cobern e Loving (2001), cientificismo é uma crença exagerada no poder da ciência, por meio de uma ideia hegemônica de que a mesma é permeada por valores, discursos e práticas apenas benéficos, de modo que o conhecimento científico é visto como único verdadeiro sobre a realidade.

considerar as implicações sociais, políticas, culturais, éticas e ambientais do empreendimento científico, reconhece os interesses, ideologias e pontos de vista em disputa. Dentro desse contexto, o uso de Questões sociocientíficas (QSC) é considerada uma estratégia eficaz para incorporar tal perspectiva às práticas dos professores, contextualizando os temas científicos com fatores sociopolíticos e exigindo a mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores para sua resolução (PEDRETTI, 2003).

Logo, o presente capítulo tem como objetivo examinar a importância de abordar o campo da epigenética na formação de professores de biologia, a fim de alcançar um ensino que supere o genocentrismo, a partir da análise de seu impacto em duas questões principais: o determinismo genético e o conceito de herança biológica. Através dessa superação, pode-se compreender melhor a complexidade dos fenômenos biológicos e fundamentar visões mais informadas em campos como saúde, genética e evolução dos organismos.

Na primeira seção iremos abordar brevemente o desenvolvimento histórico e os mecanismos moleculares responsáveis pelas marcações epigenéticas. Da proposta do termo por Conrad H. Waddington na década de 1940, até sua reinterpretação à luz da genética molecular, investigaremos as mudanças do conceito de epigenética ao longo do tempo, resultando em sua atual polissemia. Apresentaremos os principais mecanismos moleculares responsáveis pelas marcações epigenéticas, sua estrutura e funcionamento, além de sua importância para o organismo. Em seguida, abordaremos as possibilidades de herança transgeracional dos mecanismos epigenéticos através de dois processos: influência comportamental e marcações epigenéticas em gametas. Cada um desses processos será analisado a partir de suas características, mecanismos, limitações e relevância para a compreensão da herança biológica humana.

A segunda seção irá conter as implicações do campo da epigenética para compreender a interação entre gene e ambiente. De forma a fundamentar a discussão, primeiramente analisaremos o conceito de determinismo genético e suas implicações para a ciência e para a sociedade. Através de uma análise histórica, investigaremos as origens do determinismo genético e investigaremos suas limitações a partir da crítica ao discurso genocêntrico na era pós-genômica. Além de reconhecer o papel da epigenética para a problematização da ideia de determinismo genético, também analisaremos seu potencial para fundamentar discursos igualmente excludentes através do determinismo epigenético.

Na terceira seção, abordaremos as implicações do campo da epigenética para o conceito de herança biológica. Para isso, iremos caracterizar os principais períodos

históricos responsáveis pela ressignificação do conceito, enfatizando, principalmente, as discussões sobre os limites da perspectiva genecêntrica e a importância de considerar um pluralismo de processos e mecanismos para explicar o fenômeno de herança biológica. Em seguida, investigaremos a proposta da síntese estendida para uma compreensão pluralista do conceito de herança biológica, que considere a transmissão de fatores não genéticos.

Por fim, na quarta e última seção, analisaremos as considerações do que foi discutido para a formação de professores de Biologia. Reconhecendo os discursos reducionistas presentes em livros didáticos e em sala de aula, argumentaremos sobre a importância de incluir o campo da epigenética na formação de professores, de forma a superar a dicotomia entre natureza e cultura, relacionando os aspectos biológicos e ambientais e alcançando visões que vão além do determinismo genético e da herança de fatores exclusivamente genéticos. Com objetivo de formação de cidadãos críticos e responsáveis, argumentaremos que o ensino de epigenética deve estar vinculado com a Educação CTSA. Por fim, iremos realçar a importância dessa abordagem para a formação de professores de Biologia, de forma a superar um ensino cientificista e acrítico.

1.1 RECAPITULAÇÃO HISTÓRICA, MECANISMOS E HERANÇA

Embora o campo tenha se popularizado nas últimas décadas (HAIG, 2012; LAPPÉ, 2016), a epigenética não é um termo recente. Inicialmente cunhada por Conrad H. Waddington (1942) no contexto das discussões sobre desenvolvimento, o termo buscava abranger a análise causal dos fatores envolvidos na formação das características fenotípicas. O termo deriva do longo debate filosófico entre duas tradições de pesquisa sobre a explicação do desenvolvimento da forma orgânica: a “epigênese” e o “preformacionismo” (BOTELHO, 2007; DEICHMANN, 2016).

Para Botelho (2007), essas duas perspectivas fornecem diferentes ontologias, metodologias e princípios para a investigação de como ocorre o processo de desenvolvimento, abarcando teorias distintas, dependendo do contexto histórico. De forma geral, pode-se dizer que a epigênese pressupõe um desenvolvimento gradual de aumento de complexidade da forma do ser vivo durante sua existência, enquanto o preformacionismo estabelece que as estruturas necessárias para o desenvolvimento do ser vivo já se encontram predeterminadas (MAIENSCHEIN, 2005; BOTELHO, 2007). Considerando seu surgimento na discussão filosófica ocidental a partir de Aristóteles, essas duas tradições de pesquisa se transformaram e se alternaram historicamente (Fig. 1). A partir do desenvolvimento da genética no século XX, o preformacionismo se estabelecia novamente com uma nova teoria: o material genético agora era considerado a estrutura pré-existente que causa a diferenciação no desenvolvimento dos organismos.



Figura 1: Conflito de tradições de pesquisa: Preformação e epigênese são entendidas como duas tradições de pesquisa que se transformam e se alternam historicamente. Cada período pode ser nomeado de acordo com perspectiva teórica hegemônica que o caracterizou. Note que períodos de crise, sem hegemonia, precedem a troca de tradição de pesquisa. Fonte: Botelho (2007).

Dentro desse contexto, Waddington (1942) propôs o termo “epigenética” para integrar as duas tradições de pesquisa, de forma a reconhecer a importância dos genes no desenvolvimento, sem desconsiderar o papel fundamental das influências ambientais no fenótipo final (DEANS; MAGGERT, 2015). Portanto, a abordagem epigenética de Waddington não podia ser relacionada com a ideia de epigênese, devido ao reconhecimento da importância dos efeitos da variação genética na variação fenotípica, nem com a ideia de preformacionismo, já que considerava que essa variação fenotípica poderia ser causada por fatores não genéticos. Waddington compreendia que havia sistemas de interações complexos envolvidos no desenvolvimento e buscava

compreender por que as variações genéticas frequentemente não eram pareadas com as variações fenotípicas (SPEYBROECK, 2002). A epigenética de Waddington era, portanto, uma abordagem de conciliação entre a epigênese e o preformacionismo:

Nós percebemos que, quando o desenvolvimento se inicia, o zigoto contém certas características “preformadas”, mas essas devem interagir entre si, através de processos de “epigênese”, antes de alcançar a condição adulta. O estudo das características “preformadas” atualmente pertencem à disciplina denominada “genética”; o nome “epigenética” é sugerido como o estudo desses processos que constituem a epigênese que também está envolvida no desenvolvimento (WADDINGTON, 1956, p.1)

Através de representações metafóricas, Waddington (1957) utilizou a chamada “planície epigenética” para demonstrar sua visão interacionista entre genes, e entre gene e ambiente, no processo de desenvolvimento. A topografia da paisagem epigenética (Fig. 2a) pode ser distinguida em duas partes: a parte superior, contendo um platô onde se encontra o estado inicial da célula indiferenciada; e a parte inferior, com diferentes estados finais específicos de diferenciação celular. Entre a parte superior e a inferior há relevos, compostos de colinas e vales, que criam vias de desenvolvimento que levam a célula indiferenciada ao seu fenótipo final, dependendo do caminho percorrido (JABLONKA; LAMB, 2010).

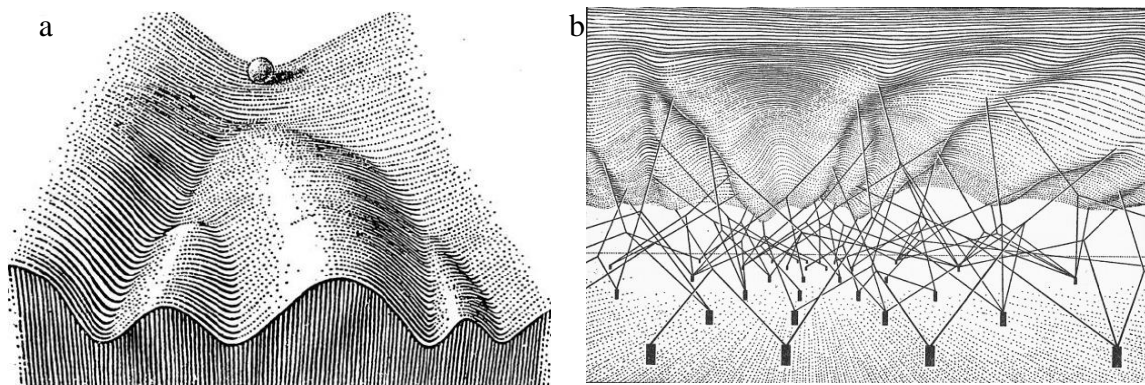


Figura 2: (a) Parte de uma paisagem epigenética. O caminho traçado pela bola, enquanto ela rola em direção ao espectador, corresponde à história de desenvolvimento de uma dada parte do óvulo. (b) O complexo sistema de interações subjacente à paisagem epigenética. Os espeques no chão representam os genes; as cordas que partem deles representam as tendências químicas que os genes produzem. A modelagem da paisagem epigenética, que desce até o horizonte, é controlada pelo puxão dessas numerosas cordas, que em última instância estão ancorados nos genes. Fonte: Waddington (1957).

A figura 2.b demonstra o complexo sistema de interações que influencia a topografia da planície epigenética entre genes (os espeques) e as tendências químicas que os genes produzem (as cordas), os quais modelam os possíveis caminhos e, como

consequência, influenciam a diferenciação celular. Alterações nos genes ou nas interações entre seus produtos devido a alterações moleculares ou fatores externos (*e.g.* ambientais) podem afetar o formato da paisagem epigenética e, portanto, o fenótipo final (JABLONKA; LAMB, 2010). Segundo essa lógica, para Waddington, a informação de desenvolvimento surge como um produto, na qual todos esses fatores influenciam um ao outro em um processo de interações complexas entre fatores genéticos e não genéticos.

Através desse modelo, Waddington buscava explicar os processos regulatórios subjacentes aos casos em que a variação fenotípica não era pareada com a variação genética. Nesse sentido, Waddington chamou de “canalização” quando o sistema de interações que influencia a topografia da planície epigenética estabiliza o caminho do desenvolvimento fenotípico, mesmo diante de perturbações genéticas ou ambientais; e “plasticidade” quando influências externas possuem a capacidade de alterar a topografia da planície de forma a influenciar no resultado do fenótipo final (DEANS; MAGGERT, 2015).

Em duas publicações polêmicas - uma na revista *Nature* (1942) e outra na revista *Evolution* (1953) – Waddington sugeriu que, através de um processo denominado “assimilação genética”, características formadas em resposta a alterações ambientais poderiam ser convertidas pela seleção natural em características hereditárias. De acordo com sua explicação, através da remodelagem da paisagem epigenética, a seleção para a capacidade de responder às alterações ambientais tornaria a resposta cada vez mais canalizada, influenciando no desenvolvimento do fenótipo. No momento em que o estímulo ambiental não é mais necessário para o desenvolvimento do fenótipo, diz-se que tal característica foi assimilada geneticamente e, portanto, tornou-se uma característica hereditária (WADDINGTON, 1942).

Para demonstrar tal fenômeno, em um de seus experimentos, Waddington (1953) selecionou exemplares de *Drosophila* com fenótipo de asa aberrante induzido por choque térmico e produziu linhagens que continuaram a desenvolver tal fenótipo nas gerações seguintes, mesmo na ausência do estímulo ambiental. Devido à alteração na topografia da planície epigenética, ocasionada pelo estímulo ambiental, a trajetória de desenvolvimento foi alterada. Mas, mais importante, essa alteração foi transmitida para as gerações seguintes, sugerindo uma “herança de caracteres adquiridos” – ideia rejeitada pela maioria dos evolucionistas da época (DOBZHANSKY, 1937; MAYR, 1942). Atualmente, a assimilação genética vem sendo cada vez mais investigada e seus mecanismos elucidados (RUTHERFORD; LIDQUIST, 1998; FANTI et al. 2017).

Crítico severo do reducionismo da Síntese Moderna da Evolução, a qual estabelecia que a única fonte de variação fenotípica herdável provinha da variação genética (DOBZHANSKY, 1937), Waddington (1957) afirmava que uma consideração epigenética poderia solucionar a visão dualista entre organismo e ambiente da teoria evolutiva (WILKINS, 2008). Entretanto, devido à sua defesa em relação à transmissão de características adquiridas, Waddington foi acusado pelos proponentes da Síntese Moderna de defender ideias lamarckistas (GILBERT, 1991). Embora as ideias de Waddington sobre desenvolvimento tenham sido descartadas da proposta da Síntese Moderna, seus estudos perpassaram gerações e influenciaram diversos pesquisadores críticos ao reducionismo da teoria evolutiva (e.g. LØVTRUP, 1972; HO; SAUNDERS, 1979; JABLONKA; LAMB, 1998).

Devido à marginalização da teoria de Waddington na comunidade científica, o termo epigenética foi pouco utilizado durante as décadas seguintes (NANNEY, 1958; BERRY; SEARLE, 1963). Considerando que a definição de epigenética estava associada intimamente com os mecanismos de regulação de expressão gênica, seu conceito encontrou terreno fértil a partir do modelo operon de regulação gênica proposto por Jacob e Monod (1961).

Com o avanço da pesquisa em regulação gênica a partir da década de 1970, os mecanismos moleculares estudados começaram a ser associados com a ideia da epigenética (HOLLIDAY; PUGH, 1975; RIGGS, 1975). Entretanto, seu conceito se distinguia da aplicação proposta por Waddington: se na época de sua formulação a epigenética estava associada aos processos de atividade gênica durante o desenvolvimento, o termo era agora utilizado para investigar os mecanismos de regulação em pesquisas de genética molecular (HAIG, 2012). Ainda assim, para Jablonka (2006, p. 89), há uma continuidade entre os dois conceitos, já que:

ambos focam em vias alternativas de desenvolvimento, nas redes de desenvolvimento subjacentes à estabilidade e flexibilidade e na influência das condições ambientais no que acontece nas células e organismos. Somente quando a epigenética é equiparada apenas à herança de variações não relacionadas ao DNA é que seu significado original é obscurecido.

Devido ao rápido e prolífico avanço no estudo de mecanismos moleculares de controle de atividade gênica a partir da década de 1990, a definição de epigenética foi se tornando cada vez mais reducionista (HOLLIDAY, 1990; RUSSO, MARTIENSSEN, RIGGS, 1996). A atual polissemia do conceito de epigenética gera constante dissonância

na comunidade científica, dificultando o diálogo entre áreas distintas (PTASHNE, 2007; PEARSON, 2008). Portanto, diversas propostas de definições foram sugeridas para solucionar tais problemas (BERGER et al., 2009; DEANS; MAGGERT, 2015), e até sugestões para abandono do termo (LEDERBERG, 2001).⁶

Dito isso, e reconhecendo que qualquer definição atual para a epigenética terá limitações e críticas, utilizaremos, na presente tese, a proposta por Jablonka e Raz (2009, p. 132): “o estudo de processos subjacentes à plasticidade e canalização do desenvolvimento, que produzem efeitos persistentes na diferenciação celular”. Essa definição, ao considerar a epigenética como campo de estudo, amplia seu significado, evitando as limitações impostas ao considerar apenas o escopo dos mecanismos moleculares que interagem com o material genético. Mediante essa definição, a “herança epigenética” ocorre quando variações fenotípicas que não resultam de variações nas sequências de base de DNA são transmitidas às gerações subsequentes de células (mitose) ou organismos sexuados (meiose) – nesse último caso, denominamos “herança epigenética transgeracional” (JABLONKA; RAZ, 2009).

A herança epigenética se fundamenta na ideia de sistema duplo de herança⁷, *i.e.* a reprodução (assexuada ou sexuada) consiste, não apenas da transmissão das moléculas de DNA, mas também da própria estrutura celular (membrana, citoplasma e todas as moléculas presentes após a divisão celular) e de outros fatores não genéticos (ambiental, comportamental) (BONDURIANSKY; DAY, 2018). Investigar os mecanismos pelos quais tais transmissões não genéticas podem ocorrer e quais são suas consequências pode levar a compreensões menos reducionistas da herança biológica – e da própria evolução dos organismos. De acordo com Jablonka e Lamb (2010), pode-se distinguir, atualmente, quatro categorias principais de herança epigenética: circuitos autossustentáveis; herança estrutural; sistema de marcação de cromatina; e interferência de RNA. A seguir, descreveremos cada uma dessas categorias para, enfim, investigar algumas possibilidades de herança epigenética transgeracional.

⁶ Para uma revisão histórica sobre o conceito de epigenética, ver Holliday (2006), Jablonka (2006) e Felsenfeld (2014).

⁷ Embora com nomes similares, a ideia de sistema duplo da herança biológica se distingue da chamada “teoria da dupla herança”, também conhecida como “coevolução gene-cultura”. Enquanto a primeira considera a transmissão de características genéticas e não genéticas presentes na célula, a segunda propõe que a evolução deve ser compreendida pela relação interativa entre o fenômeno biológico e cultural (RICHERSON; BOYD, 2005). Tais ideias não são mutuamente excludentes e podem, quando unidas, levar a compreensões mais amplas sobre herança.

A categoria de circuitos autossustentáveis se refere à herança mitótica de padrões de atividade genética para células-filhas. Ocorre, por exemplo quando um sinal temporário ativa um gene que, por sua vez, garante a continuidade de sua ativação posterior a partir de seu produto, mesmo após o sinal que induziu a atividade ter desaparecido. Caso a expressão do gene continue ativa após a divisão celular, esse sistema de retroalimentação é herdado para as próximas gerações de células idênticas, mesmo sem a presença do sinal original (WRIGHT, 1945; JABLONKA; LAMB, 2010).

A herança estrutural, por outro lado, está associada com a transmissão das estruturas celulares, ao invés da atividade dos genes. Assim, alterações em estruturas celulares, como organização ciliar (SONNEBORN, 1970), membranas (CAVALIER-SMITH, 2000) e conversão de configuração proteica (GAJDUSEK, 1977), podem ser herdadas para as células-filhas, sem que haja alterações no gene ou nos mecanismos responsáveis pela expressão gênica.

O terceiro tipo, o sistema de marcação de cromatina, é o mais conhecido e estudado, sendo muitas vezes associado como sinônimo de epigenética (HAIG, 2012). A cromatina é o material do qual são feitos os cromossomos, empacotando a molécula de DNA de maneira distinta em contextos espaciais e temporais específicos. Esse empacotamento da molécula de DNA influencia o acesso a fatores necessários para a transcrição dos genes e, portanto, a probabilidade de sua ativação. Esse sistema possui dois mecanismos principais: a metilação do DNA e modificação de histonas.

A metilação do DNA foi a primeira marcação de cromatina a ser reconhecida, dando início aos estudos modernos de epigenética (HOLLIDAY, 1979). O DNA metilado possui um grupo metila (CH_3 -) associado à base citosina (C) do DNA, transformando-a em 5-metilcitosina. Essa associação dificulta a ligação dos fatores de transcrição relacionadas com a transcrição do gene, diminuindo a probabilidade de sua expressão. Portanto, regiões do DNA que possuem maior densidade de metilações possuem uma menor probabilidade de transcrição e, portanto, uma menor expressão gênica. Esses padrões de metilação podem ser transmitidos para as células-filhas através da enzima metiltransferase na replicação de DNA, reconstruindo o padrão de metilação nas moléculas-filhas de DNA (JABLONKA; LAMB, 2010).

A modificação de histonas, por sua vez, abarca a adição ou subtração dos grupos metila (CH_3 -) e acetila ($-\text{COCH}_3$) aos aminoácidos nas caudas das histonas (proteínas associadas à molécula de DNA). A presença ou ausência desses compostos interferem na densidade do empacotamento do DNA e, portanto, na probabilidade da transcrição dos

genes. A adição de grupos metila e extração de grupos acetila tornam a fibra de cromatina mais condensada, resultando em uma baixa transcrição. Por outro lado, a adição de grupos acetila e extração do grupo metila produz uma estrutura de cromatina mais frouxa e com probabilidade maior de transcrição (JABLONKA; LAMB, 2010). Embora os mecanismos de herança do padrão de modificação de histonas ainda não sejam completamente compreendidos, pesquisas recentes têm ajudado a elucidar a natureza da transmissão dessas marcações (PETRUK et al., 2013; ALABERT et al., 2015).

Por último, a interferência de RNA, apenas reconhecida no final da década de 1990 (FIRE et al., 1998), abarca os processos em que moléculas de RNA (principalmente ‘microRNA’ e ‘RNA interferente pequeno’) inibem a expressão de genes, neutralizando as moléculas de RNA mensageiros, ou dificultando a transcrição de genes específicos. Essas alterações são estáveis e podem ser transmitidas para as células-filhas e até para outras células do organismo (HANNON, 2002). Entretanto, tal como as marcações epigenéticas em histonas, os mecanismos específicos de transmissão da interferência de RNA ainda não foram completamente esclarecidos (WILSON; DOUDNA, 2013).

Essas quatro categorias principais de mecanismos de herança epigenética demonstram os possíveis mecanismos capazes de promover variações fenotípicas sem depender, necessariamente, de alterações na sequência de DNA. Essas marcações epigenéticas são induzidas por sinais que as células recebem em resposta a fatores internos ou externos. Após essa indução, as informações sobre atividade celular contidas nas marcações podem ser transmitidas através das linhagens celulares durante muito tempo após o desaparecimento do estímulo indutor (SKINNER, 2011). Devido a essas marcações possuírem certa estabilidade após a divisão celular, sua relevância na evolução dos organismos unicelulares de reprodução assexuada não pode ser ignorada (JABLONKA; LAMB, 2010). Em organismos pluricelulares, tal como proposto por Waddington (1957), esses mecanismos ajudam a explicar a diferenciação celular e o processo de desenvolvimento embrionário.

Além das transmissões de variações epigenéticas em linhagens celulares através do processo de mitose, tais variações também podem ser transmitidas para gerações subsequentes em organismos sexuados – a chamada “herança epigenética transgeracional” (JABLONKA; RAZ, 2009). Embora a existência de tal fenômeno tenha se estabelecido como consenso científico mediante o acúmulo de evidências atuais (GROSSNIKLAUS et al., 2013), seu impacto em como compreendemos a herança

biológica e a própria teoria evolutiva permanecem em discussão (LYNCH, 2007; PIGLIUCCI; MÜLLER, 2010; LALAND et al., 2014).

Diferentemente da reprodução assexuada, a reprodução sexuada em vertebrados possui mecanismos de deleção das marcações epigenéticas das células germinativas de forma a gerar células totipotentes – *i.e.* capazes de gerar qualquer tipo de célula (DAXINGER; WHITELOW, 2010). Em mamíferos, as células germinativas são reprogramadas (*i.e.* suas marcações epigenéticas são retiradas) em duas ocasiões: logo após a fertilização do zigoto; e durante a meiose, em células germinativas primordiais (BHAT; SASAKI, 2008). Logo, para que a herança epigenética transgeracional ocorra, marcações epigenéticas precisam passar ilesas tais reprogramações. Há uma literatura crescente nas últimas décadas demonstrando que, em alguns casos, tal reprogramação pode ser contornada e marcações epigenéticas podem ser transmitidas para gerações subsequentes (MORGAN et al., 1999; GREER et al., 2011). Atualmente, pesquisadores têm se dedicado a estudar os mecanismos responsáveis por essa herança (DAXINGER; WHITELOW, 2012; INOUE et al., 2017). De acordo com Danchin e colaboradores (2011), podemos distinguir dois processos principais que possibilitam a herança epigenética transgeracional: herança de células germinativas e herança dependente de experiência.

No primeiro caso, devido ao momento de gestação ser crítico para as marcações epigenéticas, fatores ambientais na mãe podem influenciar a modificação na expressão de genes nas células do feto. Em casos de modificação em células somáticas, as características geradas se limitarão ao indivíduo. Entretanto, caso as marcações epigenéticas ocorram nas células germinativas em desenvolvimento, essas características poderão ser transmitidas às gerações seguintes (Fig. 3a). Por exemplo, exposição pré-natal ao pesticida vinclozolin induz alterações na metilação do DNA do feto de roedores durante seu desenvolvimento embrionário, podendo persistir por até quatro gerações subsequentes (ANWAY et al., 2005). Da mesma forma, Huypens e colaboradores (2016) demonstraram a possibilidade de transmissão de doenças metabólicas através de mecanismos epigenéticos em gametas de ratos. Devido à transmissão de diversos fatores presentes no citoplasma, o óvulo possui maior probabilidade de influenciar na herança epigenética através de células germinativas (JABLONKA; LAMB, 2010). Embora o espermatozoide contribua apenas com a transmissão de material genético, alguns estudos demonstram sua relevância na herança epigenética transgeracional (SOUBRY et al., 2014; HUYPENS et al., 2016). Logo, como dito anteriormente, embora os processos de

reprogramação apaguem as marcações epigenéticas acumuladas pelo organismo, algumas dessas marcações podem escapar à deleção, tornando possível a herança epigenética transgeracional através de células germinativas (HACKETT et al., 2013).

Em relação ao segundo caso, a herança dependente de experiência envolve mecanismos distintos que contornam o processo de deleção dos mecanismos epigenéticos. Nela, marcações epigenéticas podem influenciar o comportamento maternal /parental de uma tal forma que induz as mesmas marcações epigenéticas na prole. Esse tipo de herança transgeracional possui como exemplo clássico os experimentos de Meaney (2001b) e Weaver et al. (2004) com cuidado maternal de roedores. Resumidamente, os experimentos demonstraram que, em filhotes, o cuidado maternal pós-parto influencia as marcações epigenéticas neurofisiológicas no hipotálamo, responsáveis por diminuir a suscetibilidade a eventos de estresse, quando adulto.

Devido à influência no comportamento do indivíduo, roedores que tiveram baixo nível de cuidado maternal possuem uma menor probabilidade de cuidar de seus filhotes no futuro, transmitindo, de forma indireta, as marcações epigenéticas para a próxima geração. De forma geral, esses estudos indicaram que marcações epigenéticas podem influenciar o comportamento do indivíduo, induzindo as mesmas marcações epigenéticas e padrões comportamentais em seus descendentes (Fig. 3b). Champagne e Meaney (2007), ao reproduzirem os experimentos anteriores considerando o fator de variação ambiental, demonstraram que o enriquecimento ambiental pode influenciar no comportamento materno e, portanto, interromper a transmissão das marcações epigenéticas. Essas pesquisas possibilitaram diversas investigações e discussões sobre o impacto do cuidado maternal e paternal em humanos (MCGOWAN et al., 2009; NAUMOVA et al., 2012). Embora esses estudos possam ser fundamentais para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas e mudanças socioambientais (KAPLAN; EVANS; MONK, 2008; GUDSNUK; CHAMPAGNE, 2008), seu discurso pode ter consequências sociopolíticas perigosas (RICHARDSON et al., 2014).

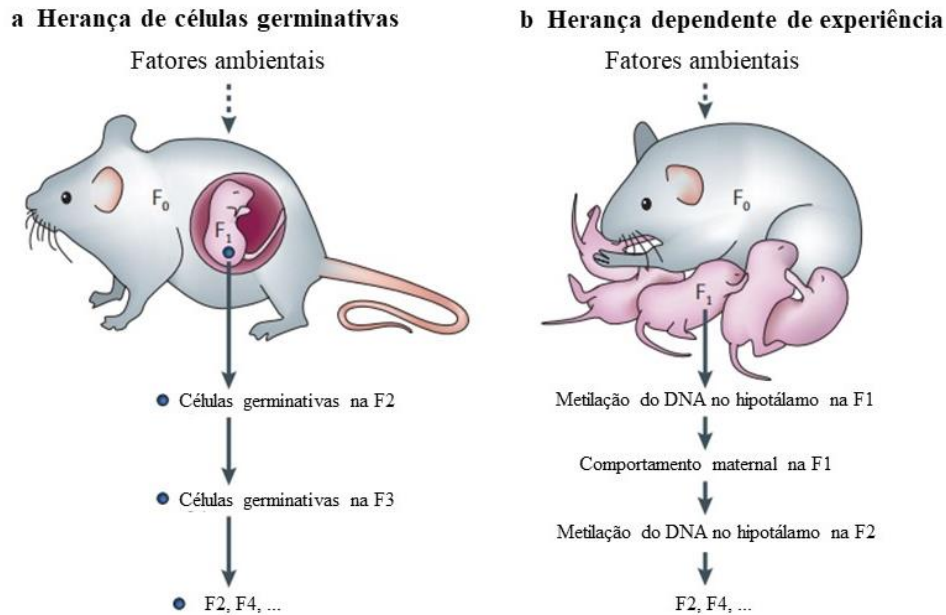


Figura 3: Formas alternativas de herança epigenética transgeracional: (a) na herança epigenética de células germinativas, um efeito ambiental que ocorre durante o desenvolvimento embrionário resulta em uma mudança epigenética nas células germinativas da prole da primeira geração (F1) que é transmitida à prole F2, prole F3 e assim por diante; (b) na herança epigenética dependente da experiência, as marcas epigenéticas nos pais responsáveis pelo cuidado maternal/parental modificam seu comportamento de uma maneira que provoca a ocorrência das mesmas marcas epigenéticas na próxima geração. Dessa forma, a mudança comportamental recria as marcas epigenéticas novamente a cada geração. Fonte: Danchin et al. (2011).

Devido à dificuldade em isolar os diversos fatores que podem influenciar a variação fenotípica dos organismos, a maioria das evidências de herança epigenética transgeracional provém do ambiente controlado de laboratório (JABLONKA; RAZ, 2009). Embora a pesquisa em humanos seja metodologicamente desafiadora, é possível realizar inferências a partir de uma grande quantidade de dados disponíveis. Considerando essa abordagem, pesquisadores comparam, através de um estudo de coorte, as condições de saúde existentes entre diversas gerações envolvendo um determinado acontecimento histórico que tenha alterado significativamente fatores ambientais relevantes para o estudo da epigenética. Assim, busca-se relacionar as consequências da exposição ambiental nos indivíduos, e em seus descendentes.

O caso pioneiro de estudo com esse tipo de abordagem teve como referência o episódio de alteração ambiental ocorrido na “Grande Fome Holandesa”, durante o inverno do final de 1944 e início de 1945. Nesse período, como forma de retaliar a resistência dos holandeses contra a ocupação nazista, os alemães bloquearam o acesso a diversas cidades do país, causando uma escassez de alimentos na região. Por volta de 20 mil pessoas morreram de fome. Os sobreviventes passaram pelo período ingerindo menos de mil

calorias por dia, até a chegada dos aliados (FRANCIS, 2011; MOORE, 2015). Através da disponibilidade de registros confiáveis sobre a saúde da população desde aquela época, iniciou-se uma pesquisa sobre os efeitos da desnutrição que encontrou diversos resultados interessantes sobre a herança epigenética transgeracional.

Inicialmente, Roseboom e colaboradores (2001), ao relacionar os dados disponíveis das gerações que vivenciaram tal episódio e de seus filhos, concluíram que a desnutrição materna durante a gestação afetava permanentemente a saúde do filho, quando adulto. Estudos posteriores (ROSEBOOM; ROOIJ; PAINTER, 2006) demonstraram que os impactos na saúde também dependem do estágio de desenvolvimento embrionário em que ocorreu a exposição à desnutrição: filhos cujas mães haviam sido expostas à desnutrição em períodos iniciais de sua gestação eram mais vulneráveis a problemas de saúde, em relação a filhos que estavam em períodos mais avançados de gestação. Essas conclusões são fáceis de compreender quando consideramos a importância do desenvolvimento embrionário para as marcações epigenéticas e, conseqüentemente, para a diferenciação celular do organismo.

Além desses resultados, esperados em relação ao impacto da desnutrição no desenvolvimento dos organismos, o mesmo grupo de estudo pesquisou a possibilidade de transmissão dessa exposição nas gerações seguintes (netos e bisnetos dos indivíduos que sofreram o período de desnutrição), encontrando diversas evidências de que tais gerações tinham maior propensão a condições como síndrome metabólica e distúrbios psicológicos (PAINTER et al., 2008; VEENENDAAL et al., 2013). Embora os mecanismos subjacentes não tenham sido esclarecidos, estudos como o de Heijmans et al. (2008) têm relacionado o nível de metilação na cromatina dos indivíduos com a exposição ao episódio. Essas pesquisas foram essenciais para fundamentar investigações dos efeitos transgeracionais ocasionados por outros episódios similares (BYGREN et al., 2014; WEI; SCHATTEEN; SUN, 2015), além de fomentar discussões sobre as potenciais implicações para populações que sofreram opressões históricas, como a escravidão (MELONI, 2017) e o holocausto (YEHUDA et al., 2014).

Após mais de meio século de existência, a epigenética vem se estabelecendo cada vez mais como um campo do conhecimento essencial para compreendermos os fenômenos biológicos e repensarmos as teorias e modelos científicos para explicá-los. A inclusão da epigenética possui potencial para aplicações práticas como tratamentos e prevenções de doenças físicas e psicológicas, seja através do desenvolvimento de drogas de terapia epigenética ou de políticas públicas para enriquecimento socioambiental

(JABLONKA, 2004; BAKULSKI; FALLIN, 2014). Entretanto, como veremos com mais profundidade no Capítulo 2, o discurso da epigenética pode também ser utilizado para marginalização de grupos vulneráveis e culpabilização individual (RICHARDSON et al., 2014; MELONI, 2016b). Portanto, além do campo da epigenética exigir uma reflexão sobre a dicotomia entre natureza e cultura, a herança biológica e até a evolução dos organismos, também é necessário que essa pesquisa seja realizada mediante um exame vigilante e crítico dos aspectos éticos, e suas implicações para a promoção de justiça socioambiental.

1.2 IMPLICAÇÕES PARA O DETERMINISMO GENÉTICO

Apesar do avanço do campo da epigenética nas últimas décadas, diversos estudos apontam a dificuldade da população em compreender a ideia de que fatores genéticos e ambientais interagem para o desenvolvimento do fenótipo final (CONDIT, 2010; HURLE et al., 2013). Como consequência, de forma geral, a genética ainda é interpretada através de um discurso determinista, em que fatores genéticos possuem primazia na determinação das características (KELLER, 2002; NELKIN; LINDEE, 2004). Considerando a atual polissemia de “determinismo genético”, utilizaremos, na presente tese, o conceito de atribuição genética (TYGART, 2000), por meio do qual o determinismo genético pode ser definido como: “a crença de que os genes possuem um poder causal no desenvolvimento de características humanas maior do que sugere o consenso científico”⁸ (GERICKE et al., 2017, p. 1224). Para Sarkar (1998), ao afirmar que certa característica é determinada por genes específicos, o determinismo genético pode ser considerado uma doutrina mais acentuada do reducionismo genético.

O determinismo como teoria filosófica pode ser resumido como a ideia de que tudo que ocorre é completamente determinado por eventos ou entidades anteriores. Assim, o determinismo tem como consequência a negação do livre arbítrio e uma visão fatalista, em que os eventos futuros são inevitáveis (DOYLE, 2011). Apesar do pensamento fatalista estar presente em diversas religiões antigas (YOUNG et al., 2011),

⁸ O conceito de determinismo utilizado nesta tese, portanto, se distingue do “essencialismo”, *i.e.* a crença de que todos os membros de uma categoria compartilham uma essência subjacente, que é fixa no nascimento e imutável e que faz com que os organismos se desenvolvam e se comportem de maneira previsível e uniforme (GELMAN, 2004). Quando interpretado pela genética, a crença no essencialismo atribui toda a causalidade da característica ao gene, diferentemente do “determinismo”, que reconhece, em alguma escala, a influência dos fatores ambientais (DAR-NIMROD; HEINE, 2011).

a discussão filosófica sobre fatalismo e livre arbítrio costuma ser traçada a partir da Grécia antiga, sendo um dos tópicos mais discutidos na filosofia até hoje (DOYLE, 2011).

Após a Revolução Científica e o movimento do Iluminismo, as investigações pelas leis e padrões encontrados na natureza passaram a ser fundamentadas por uma perspectiva determinista, como sintetizado pela ideia do “demônio de Laplace”⁹ (LAPLACE, 1814). A discussão sobre determinismo científico fomentou diversas críticas, principalmente em relação à questão de livre arbítrio (RUKAVICKA, 2014). Entretanto, os fundamentos do determinismo continuaram a influenciar outras áreas das ciências, tais como a Biologia.

O determinismo biológico, *i.e.* a crença na importância de considerar os fatores biológicos para nossas características e ações (GERICKE et al., 2017), se fortaleceu ao longo do século XIX com os estudos de craniometria e frenologia, que buscavam relacionar aspectos morais e psíquicos do comportamento humano, como personalidade, criminalidade e inteligência, às características físicas dos indivíduos (SARKAR, 1998; ANDRADE, 2005). Como argumentado por Lewontin (1991), o determinismo biológico é uma forma de ideologia comprometida com a crença de que seres humanos diferem em suas habilidades fundamentais devido a diferenças herdadas e inatas. Essa ideologia atende a interesses políticos e econômicos compatíveis com o pensamento capitalista, já que a atribuição da causalidade ao sucesso ou fracasso dos indivíduos na sociedade é biológico – e não social –, justificando a desigualdade social através de uma suposta diferença natural entre as pessoas (CARVALHO-NETO et al., 2013). Logo, o sucesso do determinismo biológico deve ser atribuído ao poder e influência de uma elite intelectual imperialista, cujos ideais sustentavam agendas racistas e classicistas (GOULD, 1991).

Após o estabelecimento do campo da genética, no início do século XX, e seu contínuo sucesso em explicar as características dos organismos, o determinismo biológico foi molecularizado na estrutura genética¹⁰ (ANDRADE, 2005). Através de um fator

⁹ “Podemos considerar o estado presente do universo como o efeito de seu passado e a causa de seu futuro. Um intelecto que em um determinado momento conhecesse todas as forças que colocam a natureza em movimento, e todas as posições de todos os itens de que a natureza é composta, se esse intelecto também fosse vasto o suficiente para submeter esses dados à análise, abrangeria em uma única fórmula os movimentos dos maiores corpos do universo e do menor átomo; para tal intelecto nada seria incerto e o futuro, assim como o passado, estaria presente diante de seus olhos.” (LAPLACE, 1814, p.4)

¹⁰ Diferentemente do determinismo biológico, o determinismo genético possui um referencial ontológico específico. Desse modo, a genética substituiu a abstração do conceito de “essência” do determinismo biológico pelos conceitos de genes ou DNA. Ao introduzir agentes físicos à estrutura do pensamento determinista, o determinismo genético se estabelece como uma visão mais poderosa que a anterior (DAR-NIMROD; HEINE, 2011).

causal mais confiável para relacionar características físicas com comportamentais, o determinismo genético exerceu grande influência ideológica e política no século XX, oferecendo a base intelectual para a eugenia e fundamentando discriminação racial, marginalização de grupos vulneráveis socioeconomicamente, estigmatização de portadores de deficiência, criminalização de indivíduos, violação de direitos reprodutivos e, em casos mais extremos, o próprio extermínio de etnias (PENCHASZADEH, 2004; ROSE, 2006).

Na segunda metade do século XX, devido às nefastas consequências do nazismo, na Alemanha, e do *apartheid*, na África do Sul, as ideias do determinismo genético foram fortemente criticadas, favorecendo o reconhecimento do ambiente para o desenvolvimento das características humanas (ANDRADE, 2005). Entretanto, ao final do século, com o desenvolvimento do Projeto Genoma Humano, o discurso determinista retorna mediante a pesquisa em genômica e suas tecnologias (*e.g.* farmacogenômica, terapias gênicas), implicando em problemas éticos similares aos do passado (PENCHASZADEH, 2002; NEWSON et al., 2016). O novo discurso do determinismo genético, embora reconheça a importância do ambiente no desenvolvimento das características, privilegia, de forma sutil, as explicações genéticas (WRIGHT, 1994; ANDRADE, 2005).

Dentre os diversos marcos na história do campo da genética, pode-se apontar a proposta do “dogma central da biologia molecular” de Crick (1958) como um dos pilares do determinismo genético (OYAMA, 1985; SCHUOL, 2017). Ao estabelecer a direção unidirecional do fluxo de informação diretamente do gene para a proteína, o dogma central sugere que o gene, constituído por uma sequência de nucleotídeos na molécula de DNA, determina a estrutura e função dos polímeros produzidos na célula. Mediante essa interpretação, o DNA contém todo o código necessário e suficiente para especificar a produção do polímero e sua função (BURBANO, 2006). A partir dos avanços na biologia molecular e as descobertas de novas rotas de fluxo de informação (*e.g.* transcriptase reversa, replicação de RNA), a proposta do dogma central passou por alterações, embora sua estrutura original ainda permaneça influente – fazendo jus ao termo ‘dogma’¹¹ (HOFFMEYER, 2002).

¹¹ Segundo Crick (1988), a escolha pelo uso do termo “dogma” foi equivocada, já que, para o autor, a palavra significaria uma hipótese com pouco suporte empírico, e não seu significado usual como “doutrina teológica afirmada de forma autoritária” (BURBANO, 2006). Por outro lado, no artigo “The central dogma:

Logo, a estrutura do dogma central, ao propor uma relação simples entre um gene e uma proteína, sugere a existência de um “gene para” essa proteína, e para a característica que ela irá produzir no organismo. O “gene para”, no discurso acadêmico, pode ser compreendido através de uma abordagem instrumentalista¹², em que um “gene para” uma característica significa que, em determinada medida, a variação de fenótipos dos organismos é definida, empiricamente, com base em diferenças nos genes. Trata-se de explicar a variação fenotípica numa população com base na variação genética, estabelecendo que percentual da primeira é explicado pela segunda (EL-HANI, 2016). Embora seja um conceito instrumentalista útil devido ao seu poder preditivo em algumas pesquisas em genética, o gene não é suficiente para explicar a maioria dos traços fenotípicos, visto que uma rede de interações complexas entre genes e processos bioquímicos estão envolvidos no desenvolvimento das características (CARVER et al., 2017).

De acordo com Carver e colaboradores (2017), a relação entre genótipo e fenótipo pode ser descrita a partir de quatro modelos: um-para-um; um-para-muitos; muitos-para-um; e muitos-para-muitos. O primeiro modelo, exemplificado pelo “gene para”, é o mais simplista, relacionando um gene a um fenótipo. O segundo, descreve um gene que afeta diversos fenótipos (pleiotropia). O terceiro modelo, por outro lado, relaciona diversos genes afetando apenas um fenótipo (poligenia). Por último, o quarto modelo estabelece uma interação entre diversos genes influenciando diversos fenótipos. Dentre esses modelos, o último é o mais utilizado para a maioria dos casos de relação entre genótipo e fenótipo em organismos eucariontes, apesar de todos os modelos poderem ser válidos em estudos de características específicas.

a joke that became real” (“O dogma central: uma piada que se tornou realidade”), Hoffmeyer (2002) diz que o “dogma central da biologia molecular” alcançou tal significado, ao se estabelecer como um princípio ontológico inquestionável para legitimar o digitalismo biológico.

¹² De acordo com a visão instrumentalista, um gene é uma entidade teórica desprovida de qualquer hipótese sobre sua natureza material (FALK, 1986). De acordo com essa perspectiva, genes são concebidos como quaisquer diferenças entre gametas que produzem, nos organismos, o potencial para exibir características herdáveis independentemente (STERELNY; KITCHER, 1988). Nesse sentido, a visão instrumentalista contrapõe-se com a visão realista sobre gene, *i.e.* gene como unidade estrutural e funcional do DNA, a qual dominou a genética após a definição do DNA como entidade molecular (WATSON; CRICK, 1953).

Não obstante, o modelo de muitos-para-muitos também é frequentemente insuficiente para explicar a maioria das características, visto que fatores epigenéticos e ambientais também estão envolvidos no desenvolvimento de fenótipos. Para abarcar essa relação, Carver e colaboradores (2017) alertam para a necessidade de considerar um modelo multifatorial de relação entre genótipo e fenótipo. A partir desse modelo, a ação e a função dos genes devem ser concebidas como incorporadas a vários níveis hierárquicos distintos, nos quais redes complexas de interações entre diversos fatores são a norma. Atualmente, apesar da utilidade pragmática em utilizar modelos simplistas para estudos específicos de relação entre genótipo e fenótipo, diversos autores apontam que todas as características (inclusive as monogênicas) são, em determinado grau, influenciadas por interações entre fatores genéticos, epigenéticos e ambientais – e, portanto, multifatoriais (LEWONTIN, 2001; MOORE, 2015).

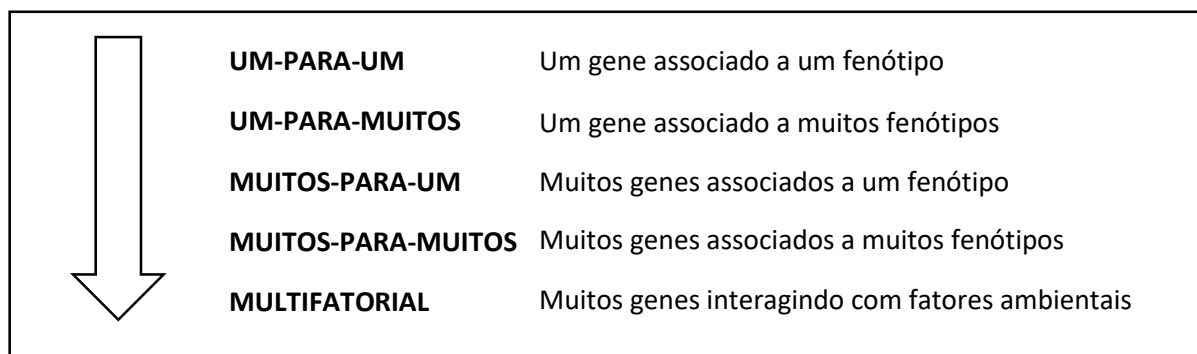


Figura 4: Modelos da relação entre genótipo e fenótipo, apresentada segundo graus crescentes de complexidade, desde uma compreensão determinística a probabilística da determinação de características. Adaptado de Carver et al. (2017).

Na figura 4 podemos perceber como o avanço dos modelos mais simplistas para os mais complexos substitui uma compreensão determinista para uma compreensão mais probabilística de relação entre genótipo e fenótipo. Nesse caso, a crença no determinismo genético está relacionada a uma utilização incorreta de modelos de explicação simplista, utilizando, por exemplo, um modelo de um-para-um, para explicar a formação de características multifatoriais, desconsiderando, dessa forma, as influências ambientais e epigenéticas. Nesse sentido, o determinismo genético está intimamente relacionado a como interpretamos o funcionamento do gene (GERICKE et al., 2017).

Dito isso, compreender o funcionamento do gene no organismo é essencial para superarmos visões deterministas. Uma proposta de distinção útil entre formas de compreender o gene foi organizada por Lenny Moss (2001; 2008) a partir de uma perspectiva da discussão entre preformacionismo e epigênese. Ao organizar a variedade de definições de gene encontrada na literatura, a autora categoriza dois tipos principais:

o ‘gene-P’ e o ‘gene-D’. A confusão entre eles ocorre frequentemente no discurso de cientistas, jornalistas e da população em geral, e pode implicar em interpretações deterministas do funcionamento do gene (EL-HANI, 2016).

O gene-P (de “*phenotype*”, fenótipo), inspirado em um preformacionismo instrumental, corresponde ao gene como determinante de diferenças fenotípicas, sem quaisquer requisitos quanto a sequências moleculares específicas ou processos biológicos envolvidos na produção do fenótipo. Assim, o gene é inferido desde o fenótipo e não apresenta uma natureza material. Essa perspectiva instrumental torna válida a suposição simplificadora de um determinismo preformacionista – como se a característica já estivesse contida no gene, ainda que em potência. A simplificação na relação causal entre genótipo e fenótipo do gene-P é uma ficção útil para práticas de produção de conhecimento de uma ciência e/ou tecnologia, tal como as análises de genealogias ou a realização de melhoramento genético por métodos controlados de cruzamento (EL-HANI, 2016)¹³.

O gene-D (de “*development*”, desenvolvimento), por outro lado, é um recurso para explicar o desenvolvimento biológico sob uma perspectiva de epigênese. Diferentemente do gene-P, o gene-D não possui uma relação causal direta com o fenótipo, mas é considerado dentro de uma complexa rede de interações na fisiologia celular, juntamente com fatores epigenéticos e ambientais (MOSS, 2008). Tipicamente concebido dentro de uma perspectiva realista do gene, o uso do gene-D permite uma melhor compreensão da expressão gênica e do desenvolvimento de organismos, embora tal perspectiva implique em algumas dificuldades referentes à definição de gene (KELLER, 2002; EL-HANI, 2007). Não obstante, o gene-D é interpretado como um fator entre diversos outros, dentro de uma rede de interações no processo de desenvolvimento, e, por isso, pode ser considerado uma interpretação menos determinista – e, portanto, mais probabilística – do funcionamento do gene (GERICKE et al., 2017).

A utilização de ambas as formas diferentes de pensar genes é válida, caso sejam utilizados em contextos explanatórios apropriados. Por outro lado, misturar os dois significados pode resultar em visões deterministas, já que a ideia de determinação de

¹³ Nesse sentido, o gene-P se relaciona com o modelo supracitado “gene-para”, presente no discurso social sobre genes. Ambas as formas de compreender o gene são úteis, desde que se reconheça os limites de seu poder explanatório a um modo abreviado de referir-se a uma relação entre variação populacional de um fenótipo e a variação genética (EL-HANI, 2016).

características, proveniente do instrumentalismo do gene-P, é estendida indiscriminadamente ao realismo do gene-D. Para Moss (2003), a ideia do gene como unidade informacional proposta pelo dogma central favoreceu a confusão entre os dois conceitos – os quais são mutuamente exclusivos. A essa confusão conceitual temos uma incongruência na interpretação do papel dos genes na construção dos fenótipos, reduzindo as complexas redes de interação entre fatores genéticos, epigenéticos e ambientais (gene-D) a uma causalidade exclusivamente genética (gene-P). De acordo com essa visão resultante, temos que o DNA armazena toda a informação para o processo desenvolvimental, enquanto fatores epigenéticos e ambientais atuam de forma marginal, apenas orientando a ativação dos genes.

Embora a dificuldade na compreensão do funcionamento e interação dos genes com fatores epigenéticos e ambientais tenha papel relevante na aceitação de visões deterministas, o determinismo genético é mais do que uma compreensão equivocada ou uma simplificação da ciência. Essa visão fundamentando-se em crenças profundas e visões culturais comprometidas com ideias de predestinação e fatalismo, *i.e.* a ideia de que seu futuro está determinado pela sua composição genética (GERICKE et al., 2017). O determinismo tem estado presente no discurso público sobre genética, retratando seres humanos como equivalentes aos seus genes, a despeito de toda a sua complexidade social, histórica e moral, produzindo diversos impactos sociopolíticos negativos (NELKIN; LINDEE, 2010; LEWONTIN, 2011).

Como vimos anteriormente, tal como o determinismo biológico, as implicações do discurso do determinismo genético na alterização entre indivíduos e grupos sociais (etnia, gênero, desempenho escolar, distribuição de renda, etc.) pode gerar marginalização, racismo e diversas outras consequências que fragilizam os ideais democráticos (GELLER et al., 2002; SHOSTAK et al., 2009). Além disso, a ideia de fatalismo do determinismo pode fazer com que fatores ambientais sejam desvalorizados, principalmente em questões de saúde, como doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e (como veremos no próximo capítulo) obesidade, afetando negativamente as medidas de prevenção de indivíduos e o investimento em políticas públicas eficazes (PARROTT et al., 2005; REYDON; KAMPOURAKIS; PATRINOS, 2012).

Devido ao campo da epigenética investigar as diversas interações entre fatores genéticos e ambientais para o desenvolvimento do fenótipo, torna-se mais difícil conciliar uma visão determinista com uma perspectiva epigenética (MOORE, 2015). Entretanto, é importante reconhecer que, ao sugerir que podemos inferir a existência de características

como comportamentos e doenças a partir da análise do estado das marcações epigenéticas do DNA, o discurso epigenético pode se tornar tão determinista quanto o determinismo genético. Para Goldman (2009, p. 816), “a suposição de que todo efeito ambiental sobre um fenótipo deve agir através da alteração da expressão gênica é, em si mesma, uma visão determinista e genocêntrica”.

De acordo com Waggoner e Uller (2015), embora o campo da epigenética tenha se popularizado como uma abordagem potencialmente antideterminista (FUJIMURA, 2005), seu discurso frequentemente utiliza uma linguagem tão determinista quanto a genética, tanto em publicações científicas, quanto na mídia popular. Devido ao predomínio de uma abordagem tradicionalmente reducionista na pesquisa em epigenética, priorizando a determinação de mecanismos moleculares de regulação gênica em detrimento de uma abordagem sistêmica¹⁴, o discurso de epigenética pode levar à crença de que tais mecanismos determinam a expressão de características físicas e comportamentais – *i.e.* um determinismo epigenético (LOCK, 2013; WAGGONER; ULLER, 2015).

De forma a considerar e mensurar os fatores ambientais na linguagem informacional digitalizada do genoma¹⁵, esses fatores devem ser convertidos, da mesma forma, em representações digitais compatíveis com a linguagem genética, em termos de seus efeitos nos processos moleculares do organismo (NIEWÖHNER, 2011). Essa “digitalização do ambiente”, ao tornar equivalentes categorias inteiramente distintas (o biológico e o cultural), embora seja importante ao considerar os fatores ambientais no desenvolvimento das características, pode incorrer no que Landecker e Panofsky (2013) chamam “achatamento ontológico”. Dessa forma, interações sociais, por exemplo, podem ser ressignificadas como um sinal molecular epigenético¹⁶. Portanto, Griffiths e Stotz

¹⁴ Abordagens sistêmicas, com objetivo de identificar as ligações particulares do sistema como um todo, têm sido propostas na literatura científica (OYAMA; GRIFFITHS; GRAY, 2001; GILBERT; EPEL, 2009), mas permanecem marginalizadas e criticadas pela insuficiência em potencial explicativo, se comparado às perspectivas tradicionais, embora sejam valorizadas pelos seus potenciais heurísticos.

¹⁵ A relação entre a linguagem informacional digital do genoma e o determinismo genético é bem exemplificada em Hood e Galas (2003): “O valor de se ter uma sequência completa do genoma é que se pode iniciar o estudo de um sistema biológico com um núcleo digital precisamente definível de informações para aquele organismo. O desafio, então, está em decifrar quais informações estão codificadas no código digital.”

¹⁶ Nesse sentido, Wild (2012) cunhou o termo “expossoma”, definido como “toda exposição a qual um indivíduo é sujeito, do momento da concepção à morte”. O uso do sufixo (-oma) reflete a digitalização de toda exposição ambiental em uma única categoria, incluída na linguagem digitalizada da genética e genômica.

(2013) alertam para um possível fortalecimento da visão genecêntrica ocasionado pelo reducionismo e mecanicismo do estudo dos fatores ambientais e sociais. Por outro lado, Meloni e Testa (2014) reconhecem que a epigenética, embora não rejeite a primazia digital da linguagem genética, representa um desafio ao determinismo (reducionismo?) genético ao aplicar a mesma linguagem digital para incluir contextos antes marginalizados (*e.g.* ambiente, biografia, estilo de vida).

Dito isso, cabe ressaltar que, diferentemente do reducionismo genético do século passado, o qual buscava expandir o alcance da natureza sobre a cultura (DAWKINS, 1976; WILSON, 1979), o reducionismo epigenético supera a dicotomia do debate, integrando os dois lados em um sistema de interações complexas entre fatores genéticos e ambientais (LOCK, 2013; MELONI; TESTA, 2014). Os esforços atuais em incluir os fatores não biológicos (ambiente, cultura, linguagem) em teorias biológicas, diferentemente das investidas reducionistas do século passado (*e.g.* sociobiologia, memética), vêm buscando uma maior conciliação entre abordagens teóricas distintas, respeitando suas diferenças em uma conciliação dialógica (JABLONKA; LAMB, 2010; RICHERSON; BOYD, 2010; LALAND; ODLING-SMEE; MYLES, 2013). Em uma publicação na revista *Nature*, os editores sugerem que “é hora de sociólogos e biólogos cessarem conflitos e cooperar em estudar (...) como o ambiente social altera tecidos biológicos e, como consequência, nós mesmos”, concluindo que os biólogos precisam aprender a linguagem da sociologia, enquanto os sociólogos devem participar com seus conhecimentos, em benefício de ambos os campos de pesquisa (NATURE EDITORIAL GROUP, 2012, p. 143). De acordo com Meloni e Testa (2014), “é provável que a nova linguagem epigenética seja tão provocativa para o neodarwinismo quanto para as ciências sociais e humanas”.

Devido a essa superação da dicotomia entre natureza e cultura pela permeabilidade do biológico ao social, a renegociação das fronteiras entre ciências biológicas e sociais vem sendo discutida por profissionais de diversas áreas para desenvolver uma abordagem biossocial dos fenômenos (INGOLD; PALSSON, 2013; MELONI, 2014).¹⁷ Dentro desse contexto, em 2017, mais de 20 profissionais de diversas áreas como sociologia, antropologia, história, saúde pública e embriologia, publicaram

¹⁷ Para Meloni (2014), essa renegociação tem ocorrido a partir de outras discussões científicas nas últimas três décadas, como a visão prosocial da evolução (YOUNG, 2012) e o cérebro social (CACCIPO; PATRICK, 2008).

um artigo sobre as perspectivas interdisciplinares da epigenética para a saúde e a sociedade através de uma abordagem biossocial (MÜLLER et al., 2017). Inseridos no campo interdisciplinar da Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), os autores resumizam o potencial ambivalente da epigenética: ela possui “o potencial de nos ajudar a entender melhor como a desigualdade social e outros fatores contribuem para a saúde e a doença e pode ajudar a focar as políticas públicas para alcançar melhorias sociais”, mas “também pode ser a base para atribuir culpa indevida a indivíduos desfavorecidos ou para aumentar a estigmatização” (MÜLLER et al., 2017, p. 5).

Portanto, pode-se perceber que há uma emergente “biopolítica da epigenética”, em que novas formas de dominação da população se originam por essa nova compreensão de como a vida interage com a sociedade (MANSFIELD, 2012; FOUCAULT, 2000)¹⁸. Esses novos mecanismos de poder são utilizados para marginalização de grupos vulneráveis, como negros (MANSFIELD, 2012), mães (RICHARDSON et al., 2014) e de classes socioeconômicas mais baixas (NIEWÖHNER, 2011), e podem ser utilizados para um novo tipo de eugenia (MELONI, 2016a). Assim, ao invés de eliminar as diferenças essencializadas escritas nos genes, a biopolítica da epigenética intensificou tais diferenças a partir das escolhas dos indivíduos e suas consequentes marcações epigenéticas, ignorando o contexto sociocultural e político subjacente a tais escolhas. Logo, os fatores biológicos podem ser modificados ao longo da ontogenia, através de hábitos e experiências dos sujeitos, e com possibilidade de transmiti-los à prole, tornando-se responsabilidade individual administrá-la, com riscos de causar danos, não apenas a si mesmos, mas também às próximas gerações (MANSFIELD, 2012).

A fim de evitar o reducionismo e o determinismo provenientes do discurso genético, a epigenética precisa ser abordada de uma forma mais sistêmica e multifatorial, considerando-a como apenas um dos fatores envolvidos em uma complexa rede de interações entre fatores internos e externos. Enquanto o dogma central e o discurso informacional da genética associam, frequentemente, a molécula de DNA como um

¹⁸ Biopolítica é o termo utilizado por Foucault (2000) para designar a forma pela qual os mecanismos de poder se modificaram no final do século XIX e início do século XX: de direcionados a governar o indivíduo, para governar o conjunto dos indivíduos, *i.e.* a população como um todo. Ao contrário dos modelos tradicionais de poder baseados na ameaça de morte, a biopolítica representa uma “grande medicina social” que se aplica à população a fim de controlar a vida: a vida faz parte do campo do poder. O pensamento medicalizado utiliza meios de correção que não são meios de punição, mas meios de transformação dos indivíduos através de toda uma tecnologia do comportamento do ser humano. Permite aplicar à sociedade uma distinção entre o normal e o patológico e impor um sistema de normalização dos comportamentos e das existências, dos trabalhos e dos afetos.

agente celular, é necessária uma abordagem que considere seu papel como molécula inerte, em que genes são apenas meios para a célula criar biomoléculas necessárias num tempo e lugar específicos (GRIFFITHS; STOTZ, 2006). De acordo com Meaney (2010, p. 48):

a função do gene só pode ser totalmente compreendida em termos do ambiente celular em que opera. E o ambiente celular, é claro, é dinâmico, mudando constantemente como resultado de sinais de outras células, incluindo aquelas que derivam de eventos que ocorrem no ambiente externo. Por fim, a função só pode ser entendida em termos da interação entre sinais ambientais e o genoma.

Dessa forma, o organismo é o centro da agência, e não a molécula de DNA (STOTZ; BOSTANCI; GRIFFITHS, 2006). Enquanto o discurso epigenético, seja aquele proferido em pesquisa científica ou na imprensa popular, ainda utilizar a ideia de que o epigenoma “controla” ou “determina” como os genes são expressos, o genoma ainda será considerado o programa básico de desenvolvimento das características (*i.e.* as instruções que permitem o controle epigenético podem ser encontradas na sequência de DNA), e não um conjunto de dados necessários à atividade celular.

Concluindo, para que a epigenética supere os pressupostos reducionistas e deterministas da genética clássica é necessário que ela seja compreendida dentro de uma abordagem biossocial sobre o desenvolvimento fenotípico, que considere: (a) a identificação do material genético como molécula inerte reativa (e não ativa); (b) o reconhecimento das redes complexas de interações entre fatores genéticos e não genéticos; (c) o potencial de reversibilidade dos mecanismos epigenéticos; (d) o reconhecimento da influência de outros fatores, como ambientais, sociais e culturais; e, por fim, (e) o diálogo equilibrado entre ciências biológicas e sociais. Apenas através de uma abordagem que considere esses fatores será possível superar um discurso determinista – seja genético ou epigenético.

1.3 IMPLICAÇÕES PARA O CONCEITO DE HERANÇA BIOLÓGICA

Além de influenciar a forma como compreendemos o desenvolvimento das características dos organismos, o campo da epigenética nos coloca novas questões a respeito da natureza da transmissão dessas características, em decorrência da possibilidade de herança transgeracional. Assim sendo, muitos pesquisadores afirmam que devemos repensar o próprio conceito de herança biológica (MAMELI, 2005; PRASAD et al., 2015; BONDURIANSKY; DAY, 2018).

O conceito de herança biológica tem sofrido diversas alterações ao longo da história, contextualizadas com as discussões científicas, filosóficas e sociopolíticas vigentes (COBB, 2006; BONDURIANSKY, 2012). Esse fenômeno não é exclusivo ao conceito de herança. Como argumentam Oliveira e colaboradores (2016), as ciências e os conceitos científicos são produtos de embates teóricos constantes, envolvendo refutações, alegações e deliberações, visando a sustentação e/ou manutenção, ampliação ou refutação de teorias ou paradigmas. A partir de observações empíricas, reconstruções teóricas e exames filosóficos, um conceito está sujeito a reestruturações e, por isso, torna-se importante articular diferentes contextos filosóficos e históricos da ciência de forma a ressignificar os conceitos de acordo com diferentes cenários heurísticos e investigativos (OLIVEIRA et al., 2016).

De acordo com Reis (2017), cinco períodos históricos são fundamentais para compreender as ressignificações pelas quais passou o conceito de herança biológica: (a) as ideias de herança na Antiguidade e os fluidos corporais; (b) o debate entre preformacionismo e epigênese do século XIX; (c) a herança particulada; (d) o conceito de gene e o genocentrismo; e (e) a epigenética. Abordaremos brevemente a concepção sobre herança biológica de cada período para, enfim, analisarmos as implicações da epigenética para o conceito de herança biológica, principalmente a partir da proposta da “herança estendida”.

Antes, no entanto, precisamos fazer duas advertências a respeito de nossa proposta. A primeira é que partimos do pressuposto que as teorias relacionadas à herança biológica podem ser analisadas no âmbito do conflito entre as tradições de pesquisa da epigênese e preformismo, como descrito na Figura 1 (p. 26), uma vez que ambas compreendem tanto teorias acerca do desenvolvimento de características dos organismos, quanto a respeito da própria transmissão delas às próximas gerações. Segundo, não se trata de uma narrativa ampla e aprofundada da história do desenvolvimento do conceito. Pretendemos apenas considerar as diversas concepções sobre herança biológica para fundamentar a discussão sobre as implicações da epigenética¹⁹.

Esforços em explicar a transmissão de características entre os seres vivos perpassam a história da humanidade, já que seu reconhecimento é fundamental para

¹⁹ Para uma investigação histórica mais precisa sobre a herança biológica, ver JACOB (1983), COBB (2006), CECCARELLI (2019).

diversas práticas milenares, tais como a manipulação de cruzamento de espécies de plantas e animais (JACOB, 1983). Observações na Antiguidade levavam a acreditar que algo presente no sêmen transmitia as características, e que a mistura do sêmen feminino e masculino se relacionava com a mistura de características maternas e paternas encontrada na prole (CASTAÑEDA, 1992).

Em relação à influência no pensamento científico, podemos apontar a origem das primeiras teorias sobre herança na Grécia antiga, desenvolvidas pelos filósofos Hipócrates e Aristóteles. Para o primeiro, a herança se baseava na transmissão, para os descendentes, de “sementes” produzidas por todas as partes do corpo e levadas aos órgãos reprodutivos pelos “humores”²⁰. Denominada ‘hipótese da pangênese’, ela estipulava que o sêmen provinha de todas as partes do corpo, e que a fertilização consistia na mistura da matéria seminal do pai e da mãe (CASTAÑEDA, 1992).

Por outro lado, a teoria aristotélica está fortemente ligada à sua interpretação metafísica do mundo e à identificação das quatro causas (formal, material, eficiente e final)²¹ envolvidas nos fenômenos do mundo. Dessa forma, Aristóteles explicava que essas quatro causas cooperavam no processo de desenvolvimento do embrião: o sêmen feminino (*menstruum*) contribuía com a causa material; o sêmen masculino, com a causa formal; a regularidade da espécie, com a causa final; e o próprio desenvolvimento, como a causa eficiente. Portanto, Aristóteles defendia duas ideias que dominaram o pensamento científico nos séculos seguinte: a desigualdade na contribuição do sêmen materno e paterno (o macho possui a capacidade de “transformar” a matéria inerte da fêmea em vida), e a ideia de epigênese no desenvolvimento do organismo (a interação das quatro causas impulsiona, gradualmente, o potencial de desenvolvimento da forma e função do organismo) (CASTAÑEDA, 1992; BOTELHO, 2007). Devido ao seu prestígio na sociedade ocidental, principalmente após o uso quase dogmático de suas ideias pela Igreja Católica na Idade Média (RUSSELL, 2016), as ideias de Aristóteles para explicar a

²⁰ Segundo a teoria humoral de Hipócrates, o funcionamento de um organismo depende de quatro humores fundamentais: o sangue, a bile amarela, a bile negra e a fleuma (ou linfa). Posteriormente desenvolvida por Galeno, essa teoria foi a principal fonte de explicações para saúde e doença entre o século IV a.C. e o século XVII (MARTINS; SILVA; MUTARELLI, 2008).

²¹ As quatro causas de Aristóteles são quatro tipos fundamentais de explicações de mudanças ou movimentos. Nesse caso pode-se defini-las, resumidamente, da seguinte forma: a causa material (*hyle*) é equivalente à natureza do material pelo qual o objeto é composto; a causa formal (*eidos*) é o padrão, ou forma, pelo qual é definida a essência do objeto; a causa final (*telos*) é a razão, ou o propósito, de existência do objeto; e, por fim, a causa eficiente (*kinoun*) é aquilo que tornou possível a existência do objeto (ARISTÓTELES, 2012).

herança biológica foram mais influentes nas investigações científicas posteriores, se comparado às de Hipócrates.

A partir do início da Revolução Científica no século XVI, diversas descobertas vieram fomentar novamente as discussões sobre herança. Através de experimentações e disseções, diversos cientistas do século XVII forneceram provas para sustentar a teoria de que todos os organismos do sexo feminino produziam ovos (embora sua visualização por microscópio só tenha ocorrido no século XIX). Anos mais tarde, a partir da invenção do microscópio, Antonie van Leeuwenhoek se tornou o primeiro cientista a visualizar espermatozoides. Ainda sobre a forte influência da epigênese aristotélica, pesquisadores da época defendiam a existência de uma força vital, de forma a impulsionar o desenvolvimento do organismo. No século XVII, entretanto, em contraposição a esses “vitalistas”, surgiram os “materialistas”, os quais assumiam que só poderia existir constituintes do mundo físico. O debate entre esses dois grupos envolvia, além de questões sobre desenvolvimento e herança, os próprios pressupostos epistemológicos da investigação científica (MAIENSCHEIN, 2005).

De forma a contrapor as explicações vitalistas, os materialistas desenvolveram a ideia de homúnculo, *i.e.* a preexistência de um organismo completamente delineado no gameta, que apenas crescia mecanicamente ao longo do desenvolvimento. Visualmente cativante, a imagem de uma pequena pessoa dentro do gameta captou a atenção e, pelos próximos 150 anos, os debates científicos foram dominados por qual seria o componente parental que forneceria o material para a nova vida: os “ovistas” defendiam que o espermatozoide era apenas uma força que despertava o novo organismo dentro do óvulo; enquanto os “espermistas”, que o óvulo era apenas um alimento para que o novo organismo, presente dentro do espermatozoide, pudesse se desenvolver (MAIENSCHEIN, 2005; COBB, 2006). Logo, independentemente do lado do debate, a grande maioria dos pesquisadores mais proeminentes entre os séculos XVII e XVIII consideravam que o futuro organismo já estaria contido dentro do gameta – *i.e.* as explicações eram caracterizadas pela ideia de preformação.

Ao final do século XVIII, as limitações do preformacionismo em explicar a reprodução e a hereditariedade através de uma lógica materialista se tornaram cada vez mais evidentes. Mais uma vez havia uma alternância em relação à tradição de pesquisa em vigência para explicar os fenômenos naturais e a epigênese começou a dominar as explicações científicas. Agora, influenciada pelo materialismo, a ontologia da epigênese se baseava em um teleomecanicismo, *i.e.* um processo mecânico que direcionava o

desenvolvimento para um fim específico (BOTELHO, 2007). Nessa nova teoria, a geração dos seres vivos era atribuída a uma força vital própria da organização dos seres vivos, mas, diferentemente da visão vitalista anterior, esse impulso formativo não existia separado da matéria (MAIENSCHEIN, 2005).

Em meados do século XIX, a publicação do livro “A Origem das Espécies” (1859) de Charles Darwin revolucionou as discussões científicas em relação à natureza dos fenômenos biológicos, estabelecendo as bases teóricas para compreender a diversificação das espécies de organismos. Entretanto, a herança biológica, mesmo sendo um componente fundamental na estrutura da teoria evolutiva, carecia de uma compreensão precisa de seus mecanismos e funcionamento, de forma a explicar a estabilidade com que as características particulares persistiam a cada geração. A hipótese da pangênese proposta por Darwin (considerada uma releitura das ideias de Hipócrates) para explicar a transmissão de características não obteve apoio científico e, após diversos experimentos falharem em identificar sua existência, foi abandonada (BOWLER, 2003).

Como consequência, essa época marcou a proliferação de diversas teorias para tentar explicar o fenômeno de herança biológica (SPENCER, 1864; BROOKS, 1883; WEISMANN, 1892). As teorias sobre herança propostas entre a segunda metade do século XIX e o início do século XX podem ser categorizadas em duas ideias principais: a herança branda (*soft inheritance*) e a herança dura (*hard inheritance*). As teorias relacionadas à herança branda consideravam que o material a ser transmitido para as próximas gerações podia ser alterado gradualmente durante a existência do indivíduo ou ao longo das gerações (*e.g.* a pângenese de Darwin). Por outro lado, a herança dura pressupunha que o material hereditário é perfeitamente constante e só muda mediante alteração súbita (*e.g.* o mendelismo) (BOWLER, 2003). Assim como as discussões sobre preformacionismo e epigênese citadas anteriormente, tais categorizações são ressignificadas ao longo do tempo, dependendo do conhecimento científico e dos debates filosóficos da época. Como veremos posteriormente, as discussões atuais sobre o retorno da ‘herança branda’ diferem consideravelmente das teorias propostas ao final do século XIX (BONDURIANSKY, 2012).

Para Keller (2002), mais importante que as características que diferenciavam as teorias sobre hereditariedade dessa época (dado o escasso conhecimento empírico de uma recente biologia experimental) eram o quanto elas compartilhavam características similares. Nesse contexto, duas crenças eram persistentes: os elementos particulados da hereditariedade como unidades fundamentais de explicação biológica e a estabilidade

intergeracional desses elementos. Logo, firmou-se a noção geral da existência de uma “herança particulada” nas discussões sobre transmissão de características, supondo que, subjacente a cada característica individual, “há um elemento hereditário tão estável que sua estabilidade pode explicar a confiabilidade com a qual tais características são transmitidas através das gerações” (KELLER, 2002, p. 14). Diante desse contexto, a redescoberta e reinterpretação dos trabalhos de Gregor Mendel por Correns, Tschermak e De Vries²² propiciou o estabelecimento do conceito de unidade de herança no campo da genética e, como consequência, a interpretação de que a herança biológica só poderia ocorrer através da transmissão do material genético (EL-HANI, 2015).

A partir dessas discussões e de seus próprios experimentos, Johannsen (1911) propõe uma nova terminologia que seja adequada aos conceitos sobre hereditariedade, recomendando a palavra “gene” como uma abstração útil para calcular os cruzamentos mendelianos, expressos pela regularidade dos traços fenotípicos (FALK, 2010; JUSTINA et al., 2010). De acordo com Justina e colaboradores (2010), o conceito de gene assumiu diferentes significados nas décadas posteriores à sua proposição, passando de um “conceito abstrato de natureza instrumental, proposto para expressar a regularidade da transmissão de caracteres fenotípicos em cruzamentos, para possíveis entidades materiais” (p. 69).

Portanto, enquanto a primeira metade do século XX foi marcada pela perspectiva instrumentalista do gene, a partir da década de 1950, uma visão realista do gene (*i.e.* genes como unidades materiais na composição molecular da célula) começou a dominar a genética, principalmente após a proposição do modelo da estrutura físico-química de dupla hélice do DNA de Watson e Crick (1953). Essa descrição da molécula de DNA foi a base que permitiu a formulação do conceito molecular clássico de gene, no qual se entende o gene como unidade estrutural (segmento contínuo de sequência de bases codificantes) e funcional (produz polipeptídeos e RNA) (KELLER, 2002). Posteriormente, a proposta do “dogma central da biologia molecular” (CRICK, 1958), estabeleceu a ideia de passagem unidirecional da informação genética do DNA para o

²² Devido à reinterpretação de seus trabalhos a partir de 1900, a descrição do papel de Mendel na história da genética, por vezes, é incorreta e anacrônica, atribuindo a este, ideias posteriores ao seu trabalho. Para mais informações sobre o “Mendel Mítico”, ver Kampourakis (2013) e El-Hani (2015).

RNA e, por fim, para as proteínas, situando o gene também como unidade informacional²³ (MORANGE, 2000). O sucesso em explicar diversos fenômenos essenciais para compreender a herança biológica e a constituição dos seres vivos tornou o conceito de gene cada vez mais popular, não apenas na comunidade científica, mas também no discurso social (NELKIN; LINDEE, 2004).

Ao longo do século XX, a pesquisa genética foi se tornando gradativamente centrada no gene, influenciando os proponentes da Síntese Moderna da Evolução a estabelecerem a “herança dura” através dos genes como única forma de transmissão da herança biológica (MAYR, 1982). De acordo com a Síntese Moderna, a evolução dos seres vivos poderia ser satisfatoriamente explicada através da mudança na frequência de genes em uma população ao longo do tempo (DOBZHANSKY, 1937). Para os evolucionistas envolvidos, a “herança branda” devia ser desconsiderada, principalmente, devido à ausência de detecção de tal fenômeno em experimentos controlados e à impossibilidade de sua existência a partir dos mecanismos genéticos estudados (MAYR, 1982; BONDURIANSKY; DAY, 2018).

Diversos autores criticaram esse reducionismo da Síntese Moderna, apontando para a importância de considerar um pluralismo de processos e mecanismos para compreender o fenômeno da herança biológica (WADDINGTON, 1953; GOULD, 1989; SOBER; WILSON, 1998). Entretanto, ao longo do século XX, essas discussões foram eclipsadas pelo sucesso da Síntese Moderna em explicar os fenômenos naturais através da herança exclusivamente genética. Apenas após o acúmulo de evidências sugerindo a transmissão de características adquiridas a partir de mecanismos epigenéticos, as discussões acerca da inclusão de fatores não genéticos começaram a ser reconhecidas na comunidade científica (JABLONKA; LAMB, 2002; DANCHIN et al., 2011).

Além de enfraquecer a visão genocêntrica preformacionista, a possibilidade de transmissão dos mecanismos epigenéticos evidencia que a natureza da herança biológica é muito mais complexa do que apenas a transmissão de fatores genéticos, necessitando, portanto, de um retorno à tradição de pesquisa da epigenese (BOTELHO, 2007). Considerando, como vimos na primeira seção, que informações sobre as experiências na vida de um organismo podem ser transmitidas para a próxima geração através de

²³ Para Griffiths (2001), a ausência de uma teoria da informação biológica que defina a terminologia informacional utilizada (tais como “informação genética”, “código genético”, etc.), resulta em um conjunto de metáforas em busca de uma teoria que possa conferir-lhe sentido preciso.

mecanismos epigenéticos (*i.e.* herança epigenética transgeracional), temos um retorno à “herança branda” (JABLONKA; LAMB, 2010). Atualmente, o conceito de herança biológica perpassa, novamente, um momento de intensas disputas de definição, a fim de abarcar esses novos mecanismos e processos (JABLONKA; LAMB; 2002; PRASAD et al., 2015; PONTAROTTI, 2016; BONDURIANSKY; DAY, 2018).

Embora as discussões sobre as implicações da epigenética para a herança biológica tenham surgido constantemente nas publicações científicas (ROEMER et al., 1997; MORGAN et al., 1999), pode-se apontar os dois livros de Eva Jablonka e Marion Lamb (1995; 2010) como os pilares para a popularização do tema em larga escala, fomentando o debate, tanto no meio acadêmico, quanto na sociedade. Considerando quatro sistemas de herança distintos – genético, epigenético, comportamental e cultural – , as autoras sintetizaram o conhecimento acumulado sobre os temas e discutiram suas implicações para a forma como compreendemos o desenvolvimento das características, a herança biológica e a evolução dos seres vivos. Suas ideias influenciaram uma recente geração de pesquisadores envolvidos em discutir com mais profundidade a questão da definição de herança biológica em termos mais pluralistas.

Enquanto alguns autores redefinem o conceito de herança como estabilidade ou disponibilidade de um conjunto de recursos genéticos e não genéticos de desenvolvimento (GRIFFITHS; STOTZ, 2013), outros adotam uma perspectiva informacional segundo a qual os legados biológicos incluem informações genéticas e não genéticas, contribuindo para semelhanças fenotípicas através das gerações (DANCHIN et al., 2011). De qualquer forma, a consideração dos mecanismos não genéticos²⁴ e a possibilidade de “herança branda” são as principais características da compreensão atual sobre herança biológica.

De forma a compreender a utilização atual do conceito de “herança branda”, Bonduriansky (2012) realça a importância de reconhecer as alterações da interpretação sobre herança desde o século XIX até os dias atuais, através de três modelos, demonstrados pela Figura 5. Inicialmente compreendida como a possibilidade de transmissão transgeracional de características adquiridas ao longo da vida do indivíduo,

²⁴ Desde a proposição da teoria evolutiva de Darwin (1859) e as discussões sobre variação e estabilidade de características, o conceito de herança está intrinsecamente ligado a evolução dos seres vivos. Nesse sentido, para um fator ser considerado relevante em termos de herança, ele deve ter uma estabilidade suficiente para ser influenciado pela seleção natural (JABLONKA; LAMB, 2010).

a ideia de “herança branda” foi desconsiderada após o estabelecimento da herança mendeliana no século XX, em que apenas genes seriam transmitidos para as gerações seguintes (*e.g.* WEISMANN, 1893; MAYR, 1982) (Fig. 5a). A partir dessa redução da herança biológica aos mecanismos genéticos (“herança dura”), a “herança branda” passou por uma mudança de significado, de forma que sua existência foi considerada através desses mesmos mecanismos moleculares. Nesse sentido, a influência de fatores ambientais só poderia ser transmitida para gerações seguintes se alterasse os genes das células germinativas (*e.g.* STEELE, 1981) (Fig. 5b). Essa “codificação genética” explica, por exemplo, por que a metilação de DNA é o mecanismo mais aceito de herança epigenética transgeracional atualmente. Entretanto, essa ideia reflete a crença de que a hereditariedade é mediada por um único mecanismo universal, ignorando a possibilidade de transmissão de outros fatores não genéticos. Atualmente, os modelos de herança pluralista buscam considerar a possibilidade de transmissão de características adquiridas através de fatores não genéticos, sem desconsiderar a importância da estabilidade da herança genética (*e.g.* ODLING-SMEE; LALAND; FELDMAN, 2003; BOYD; RICHERSON, 2005; JABLONKA; LAMB, 2010; BONDURIANSKY; DAY, 2018) (Fig. 5c). É importante salientar que este modelo representa uma simplificação, já que apresenta a transmissão transgeracional de fatores genéticos e não genéticos paralelamente, não condizendo com a interpretação que considera as complexas redes de interações entre esses fatores.

Esses três modelos sintetizados por Bonduriansky (2012) podem ser analisados através da proposta de Reis (2017) para o perfil conceitual de herança biológica²⁵. Para a autora, podemos identificar duas zonas científicas de tal conceito: preformacionismo genético e epigênese (REIS, 2017). Cada uma dessas zonas pode ser definida a partir de determinado conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos que sustentam um modo de pensar o conceito. No quadro 1, são comparados os compromissos principais que distinguem o modo de pensar de cada uma dessas zonas, no que diz respeito a seis temas semânticos – contribuição parental de herança, fator causal, unidade de herança, mediador de transmissão de herança, natureza de herança e mecanismo de

²⁵ A teoria de perfis conceituais é uma teoria de ensino e aprendizagem de conceitos científicos que se baseia na coexistência de diferentes modos de pensar um determinado conceito (MORTIMER, 1995). Dentro dessa teoria, diferentes modos de pensar são estabilizados por um conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos, e denominados de “zonas” (MORTIMER, 1994). Para uma explicação mais aprofundada, ver Capítulo 3.

herança. De acordo com esse modelo, essas duas formas de pensar diferem especialmente no que diz respeito ao fator causal, natureza e mecanismo de herança. Tendo em vista esses temas, podemos concluir que o preformacionismo genético está associado com a herança mendeliana clássica e a “herança dura”, considerando apenas a transmissão de partículas hereditárias, as quais carregam um maior potencial para o desenvolvimento do fenótipo, se comparado a outros fatores. Por outro lado, a epigênese considera outros processos e mecanismos de herança, além dos genéticos, como epigenéticos e ambientais, que influenciam o desenvolvimento através de uma complexa rede de interações, possibilitando a “herança branda” (Quadro 1).

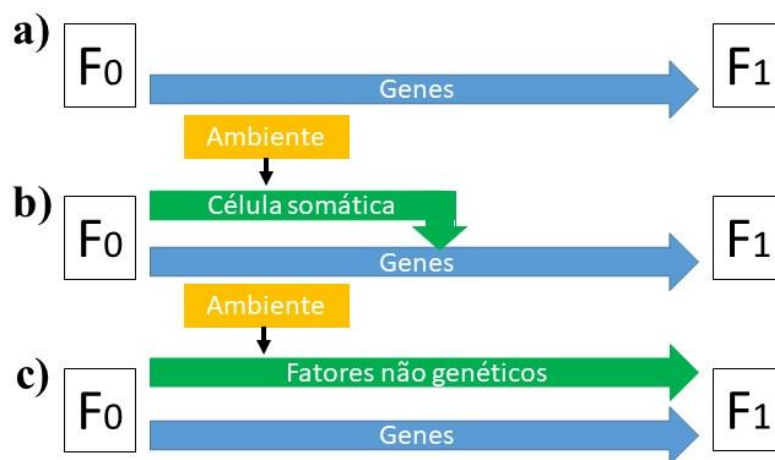


Figura 5: Três modelos de herança. a) Herança mendeliana, pela qual a herança é mediada apenas pela transmissão (seta azul) de genes, não afetada pelo ambiente (herança dura), dos pais (F₀) aos filhos (F₁). b) O modelo de 'codificação genética' da herança branda, segundo o qual a herança é mediada pela transmissão de alelos gênicos, mas esses alelos estão sujeitos a modificações na linha germinativa por fatores originários das células somáticas (seta verde), permitindo assim a herança de características adquiridas. c) O modelo de herança pluralista, pelo qual a herança é mediada pela transmissão de alelos genéticos ('herança genética', seta azul) ao lado de um conjunto de outros fatores (não genéticos), incluindo algumas características adquiridas ('herança não genética', seta verde). Fonte: Bonduriansky (2012)

Dessa forma, a zona de epigênese não restringe a herança biológica a uma abordagem exclusivamente genética, fundamentada na ocorrência de mutações e na visão de que a informação está presente apenas no DNA. Essa zona pressupõe outros padrões e mecanismos de herança e desenvolvimento, como fatores epigenéticos e ambientais. Portanto, diferentemente da zona de preformacionismo genético, vinculada essencialmente à uma visão de “herança dura”, a epigênese considera a possibilidade de transmissão de características alteradas durante a vida do organismo.

Quadro 1: Comparação dos compromissos que sustentam o modo de pensar das zonas de preformacionismo genético e epigênese, de acordo com cada tema semântico. Fonte: Reis (2017).

TEMA SEMÂNTICO	ZONAS	
	PREFORMACIONISMO GENÉTICO	EPIGÊNESE
Contribuição parental para a herança	Contribuição equivalente: Atribui desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição de ambos os genitores	Contribuição diferencial: Atribui o desenvolvimento de traços fenotípicos à contribuição diferente de ambos os genitores.
Fator causal	Determinismo por partícula: Atribuição de importância causal maior às partículas que carregam o potencial para desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança.	Paridade Causal: Atribuição de importância causal a diferentes fatores genéticos, ambientais e epigenéticos envolvidos na herança e no desenvolvimento de traços fenotípicos.
Unidade de herança	Partículas hereditárias: A herança é atribuída a partículas auto-reprodutoras que transmitem toda a informação necessária para especificar as características de um organismo.	Potencial para a característica: O que é herdado é o potencial para uma característica, a qual surge por meio do desenvolvimento do organismo.
Mediador de transmissão da herança	Células reprodutivas: Os atributos dos indivíduos estão presentes nas células reprodutivas, nos gametas, que mediam sua transmissão através das gerações.	Sistema desenvolvimental: os atributos dos indivíduos envolvem uma variedade de recursos que são passados de uma geração para outra, estando assim disponíveis para a reconstrução do ciclo de vida do indivíduo.
Natureza da herança	Herança dura (<i>hard inheritance</i>): O material hereditário é constante de geração a geração. Ele somente muda mediante alteração súbita e radical, denominada “mutação”.	Herança branda (<i>soft inheritance</i>): O material hereditário não é constante de geração a geração, porque características oriundas de condições às quais os genitores estão expostos durante a vida podem ser transmitidas às gerações seguintes. Admite-se plasticidade do material genético decorrente da incorporação de tais características, ou de seus potenciais, ou de seus determinantes.
Mecanismo de herança	Herança particulada: Explica-se a herança pela mediação e/ou controle de partículas, que são transmitidas para a prole do mesmo modo como foram herdadas da geração anterior.	Sistema de herança: Herança que atribui diferentes mecanismos, processos e fatores, pelos quais diferentes tipos de informações hereditárias são armazenadas e transmitidas entre gerações.

Esses compromissos epistemológicos que distinguem a forma de pensar herança representados pela zona de epigênese vêm sendo cada vez mais reconhecidos pela comunidade científica, fomentando diversas propostas de estruturas teóricas que alcancem um conceito de herança biológica mais pluralista (JABLONKA; LAMB, 1999;

MAMELI, 2005; PRASAD et al., 2015). Dentre essas, destacamos a proposta da “Herança Estendida” de Bonduriansky e Day (2018) pela sua síntese das principais discussões recentes sobre o tema (HELANTERA; ULLER, 2010; DANCHIN et al., 2011; STOTZ, 2014). Nessa abordagem, herança não genética é compreendida como todos os mecanismos de herança²⁶, que não sejam realizados a partir de transmissão da variação da sequência de DNA: *i.e.* epigenéticos, citoplasmáticos, estruturais, somáticos, simbióticos, comportamentais, culturais e ambientais. Esses fatores se adequam a uma nova definição de “herança branda”, em que algumas características adquiridas pelos pais durante a vida podem ser transmitidas aos filhos, seja através dos gametas (*e.g.* herança epigenética transgeracional), ou através de interações pós-concepção (*e.g.* herança comportamental) (BONDURIANSKY, 2012).

O conceito de “Herança Estendida”, ao considerar a inclusão de tais fatores, representa um rompimento com o conceito genecêntrico anterior, reconhecendo a existência de múltiplos mecanismos de herança que interagem entre si, variando em estabilidade, potencial de transmissão e representatividade em diferentes táxons. Como suporte teórico, Bonduriansky e Day (2018) conciliam os avanços de diversas áreas, como a “teoria da coevolução gene-cultura” (RICHERSON; BOYD, 2005), a “teoria de construção de nicho” (ODLING-SMEE; LALAND; FELDMAN, 2003), a “herança ecológica” (DANCHIN et al., 2011), além, é claro, da biologia molecular e celular.

Embora reconheçam a importância de considerar os outros fatores não genéticos apontados por Bonduriansky e Day (2018), Pontarotti e Etxeberria (2019) alertam que a ampliação do conceito de herança proposta pelos autores possui certas consequências indevidas, como não distinguir herança de outros tipos de transmissão (*e.g.* propagação de doenças). Nesse sentido, em um artigo anterior, Pontarotti (2016) critica a inclusão de fatores ambientais na proposta de herança estendida e realça que a construção de um espaço epistêmico inclusivo, mas específico, para o estudo da herança biológica requer a preservação de uma clara distinção conceitual entre a estabilidade das partes dos sistemas biológicos e a estabilidade dos ambientes desses sistemas.

De forma a solucionar tal questão, a autora propõe a utilização da “abordagem organizacional” (MOSSIO; MORENO, 2010) para construir um espaço epistêmico do

²⁶ A “herança estendida” abarca tanto transmissões verticais (transgeracionais; de pais para filhos), quanto horizontais (intra-geracionais; entre indivíduos da mesma geração).

fenômeno biológico e, portanto, distinguir os sistemas biológicos dos recursos ambientais. De acordo com essa abordagem, sistemas biológicos são caracterizados por um fechamento organizacional através de processos de “automanutenção”, *i.e.* a capacidade de organização constitutiva de um sistema de contribuir para a determinação e manutenção das suas próprias condições de existência através dos efeitos da sua atividade (MOSSIO; MORENO, 2010). Assim, os sistemas biológicos que transmitem características à prole são considerados indivíduos organizados compostos, e, como consequência, herança estendida é definida como a reconstrução transgeracional dessa organização estendida – diferenciando-se, assim, dos recursos ambientais (PONTAROTTI, 2016).

Embora concordemos com a necessidade de se investigar e construir um espaço epistêmico para os sistemas biológicos, destacamos a importância de considerar a íntima relação entre os fatores biológicos e ambientais a partir da epigenética, *i.e.* a influência de fatores ambientais para a variação dos fatores epigenéticos, bem como a influência dos fatores epigenéticos para a variação dos fatores ambientais (BOSSDORF; RICHARDS; PIGLIUCCI, 2007; GILBERT; EPEL, 2009). Essa visão interacionista é fundamental para compreender questões de herança ligadas à saúde, ecologia e evolução (BONDURIANSKY; DAY, 2018).

Concluindo, a herança epigenética transgeracional tem fomentado grandes discussões sobre o conceito de herança biológica e, inclusive, seus limites epistêmicos em relação aos fatores ambientais. Logo, de forma a alcançar um conceito de herança que reconheça o pluralismo de mecanismos e processos na transmissão de fatores – genéticos e não genéticos – e as interações recíprocas entre organismo e ambiente, é necessário superar o conceito de herança mendeliana baseada na transmissão exclusivamente genética.

1.4 CONSIDERAÇÕES PARA A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE BIOLOGIA

Embora tenhamos analisado separadamente as questões do determinismo genético e do conceito de herança biológica, os dois temas estão intrinsecamente ligados, já que definir a natureza das características biológicas influencia tanto como compreendemos seu desenvolvimento, quanto sua transmissão. De acordo com a visão genecêntrica, os fatores genéticos possuem uma maior importância causal para a explicação desses

fenômenos. Entretanto, como vimos neste capítulo, tal visão não se sustenta diante das evidências científicas atuais.

Ao interpretar esses dois processos através da epigenética, pode-se compreender a complexa natureza das interações entre os fatores genéticos e ambientais para o desenvolvimento e transmissão do fenótipo. Nesse sentido, a epigenética pode ser utilizada para desenvolver uma perspectiva que supere os pressupostos da dicotomia entre natureza e cultura (MEANEY, 2001a). Essa visão pode contribuir para uma compreensão mais adequada sobre certos temas, como o desenvolvimento de doenças, a evolução dos seres vivos, e nossa relação com o ambiente e a sociedade. Portanto, de acordo com Moore (2017), a epigenética se tornará uma competência básica no futuro, não apenas para pesquisadores e professores, mas também para cidadãos, já que seu conhecimento será necessário para compreender áreas importantes para tomada de decisão na sociedade, como, por exemplo, as consequências de fatores socioeconômicos para a saúde dos indivíduos (KUZAWA; SWEET, 2009; ROTHSTEIN; CAI; MARCHANT, 2009; LOI, DEL SAVIO; STUPKA, 2013).

Para que a população possa participar de maneira informada e democrática em debates sobre os avanços da pesquisa em epigenética, é imperativo fornecer informação compreensível, qualificada e contextualizada sobre o assunto e suas relações com nossa sociedade. Portanto, realçamos a importância da formação de professores de Biologia capacitados em ensinar os fenômenos biológicos, reconhecendo a importância das interações entre fatores genéticos, epigenéticos e ambientais para a herança biológica e para o desenvolvimento de características, e suas relações com questões sociopolíticas (HEDLUND, 2012; CHADWICK; O'CONNOR, 2013).

Entretanto, o ensino de Biologia ainda possui uma abordagem genocêntrica, seja em relação ao desenvolvimento de características ou à herança biológica. No ensino de genética, por exemplo, o dogma central é apresentado como único modelo possível de fluxo unidirecional de informação, raramente considerando a influência dos fatores ambientais no desenvolvimento de características (CLÉMENT; CASTÉRA, 2014). Esse padrão se repete tanto em livros didáticos (GERICKE et al., 2012; CASTÉRA et al., 2008; JAMIESON; RADICK, 2017), quanto no discurso de professores (SCHNEIDER et al., 2011; CASTÉRA; CLÉMENT, 2014). Da mesma forma, em livros didáticos do ensino médio (SANTOS; JOAQUIM; EL-HANI, 2012; GERICKE et al., 2014) e de Genética e Biologia Molecular de ensino superior (EVANGELISTA, 2016), as definições conceituais de gene e sua atuação no organismo priorizam explicações deterministas.

Como vimos anteriormente, além dessa visão se basear em uma compreensão equivocada sobre genes (HURLE et al., 2013), as implicações do determinismo genético também possuem consequências sociopolíticas e éticas importantes de serem levadas em consideração (LEWONTIN, 1998; NELKIN; LINDEE, 2004).

Em relação à herança biológica, é comum encontrarmos, nos livros didáticos, uma interpretação da história da ciência considerando o triunfo da “herança dura” sobre a “herança branda”, no estabelecimento do campo da genética (BONDURIANSKY, 2012). Portanto, o estudo da herança biológica costuma considerar apenas a transmissão de fatores genéticos para as gerações seguintes, tanto no Ensino Básico (PROCHAZKA; FRANZOLIN, 2018), quanto no Ensino Superior (EVANGELISTA, 2016). Através de uma análise dos principais livros didáticos de Biologia utilizados no Ensino Médio, Prochazka e Franzolin (2018) demonstraram que a maioria dos exemplos relacionados à transmissão de características humanas são de herança monogênica (*e.g.* albinismo, daltonismo, hemofilia, sistema ABO), sendo raras as informações sobre doenças poligênicas e, principalmente, multifatoriais, como diabetes, obesidade e câncer. As características multifatoriais necessitam de uma compreensão mais ampla sobre interações entre fatores genéticos e ambientais, considerando diferentes forma de transmissão de características. Além disso, por essas características serem frequentes no cotidiano dos alunos, é necessária uma abordagem crítica, de forma que os alunos consigam se posicionar e tomar decisões responsáveis.

Ao considerar os diversos fatores ambientais (sociais, econômicos, políticos, etc.) que envolvem o desenvolvimento das características nos indivíduos, a epigenética possui o potencial de alcançar uma perspectiva que supere a dicotomia entre o biológico e o cultural, *i.e.* uma perspectiva biossocial dos fenômenos biológicos (MÜLLER et al., 2017). Um ensino de Biologia que considere essa visão pode fornecer, aos alunos, ferramentas necessárias para uma interpretação mais crítica sobre as relações entre ciência e sociedade, por exemplo, no desenvolvimento de doenças multifatoriais. Como vimos neste capítulo, o conhecimento sobre epigenética possui um potencial ambivalente: pode contribuir para desenvolver políticas públicas para alcançar melhorias sociais; ou ser utilizada para marginalização e culpabilização de indivíduos desfavorecidos (RICHARDSON et al., 2014; MÜLLER et al., 2017). Portanto, consideramos que a implementação da epigenética no ensino de Biologia, tal como qualquer outro tema, deva estar atrelada a uma abordagem crítica, que considere aspectos éticos que visem justiça socioambiental (ROTHSTEIN; CAI; MARCHANT, 2009).

Além disso, é importante destacar a influência da epigenética na compreensão sobre evolução dos organismos. Tradicionalmente, a evolução biológica é descrita nos livros didáticos como a alteração na frequência de genes em uma população (ROMA, 2011). Essa interpretação genecêntrica se estabeleceu através dos trabalhos que deram origem à Síntese Moderna da evolução (DOBZHANSKY, 1937) e ainda é reproduzida no ensino de evolução (LICATTI, 2005), embora seja constantemente criticada (GOULD, 2002; PIGLIUCCI; MÜLLER, 2010).

Essa relação entre evolução e genética ocorre devido à ideia de que a herança biológica é exclusivamente a transmissão de fatores genéticos. Entretanto, como vimos neste capítulo, o campo da epigenética nos fornece um paradigma para desafiar a ideia de que somente alterações genéticas seriam responsáveis pela existência de variação fenotípica dentro de uma população. Além disso, a natureza interativa entre fatores biológicos e ambientais também sugere que o ambiente pode agir além da seleção natural, influenciando diretamente o desenvolvimento dos fenótipos. Portanto, devido à sua influência em fenômenos biológicos envolvidos com a evolução dos seres vivos, a epigenética é um dos campos considerados essenciais para uma interpretação mais ampla da teoria evolutiva²⁷ (PIGLIUCCI; MÜLLER, 2010; LALAND et al., 2015).

Considerando que a evolução dos organismos é o eixo integrador da Biologia, abarcando suas diversas áreas (zoologia, botânica, ecologia, genética, etc.) através da mesma estrutura teórica (DOBZHANSKY, 1973; BRASIL, 2006), concluímos que repensar o currículo de genética é repensar, conseqüentemente, o currículo de evolução e, portanto, o currículo de Biologia como um todo²⁸. Algumas pesquisas já vêm investigando a inclusão de outros campos de estudo relacionados a um pluralismo de processos na teoria evolutiva, tais como a “biologia evolutiva do desenvolvimento” (SANTOS; EL-HANI, 2013), “teoria da construção de nicho” (CORRÊA et al., 2011) e “plasticidade fenotípica” (SODRÉ et al., 2019). Compreender esses novos mecanismos e processos pode auxiliar na compreensão e interpretação de fenômenos biológicos de forma menos reducionista. Dessa forma, sugerimos que, passado esse estágio incipiente

²⁷ Embora a proposta da Síntese Estendida fomenta debates sobre sua real necessidade epistemológica, a implementação de múltiplos processos para aumentar o poder explicativo do pensamento evolutivo é unânime no meio acadêmico (LALAND et al., 2014)

²⁸ Nesse sentido, concordamos com a proposta de Carvalho (2016) de um currículo com maior equilíbrio entre conteúdos conceituais relativos à biologia evolutiva e à biologia funcional no currículo de biologia de Ensino Médio.

de inclusão desses temas no currículo de ensino de Biologia, o objetivo final dessas pesquisas seja desenvolver uma abordagem pluralista da evolução biológica no ensino, dentro de uma estrutura condizente com a articulação entre os pressupostos desses novos campos de estudo (LALAND et al., 2015; REVERSI, 2015).

Devido a esses diversos motivos, a inclusão do campo da epigenética no ensino de Biologia é, não apenas necessária para uma superação do reducionismo genético, mas iminente, devido à sua crescente visibilidade no meio científico, na mídia e no discurso social (LAPPÉ et al., 2016). Portanto, faz-se necessário pesquisas que busquem investigar a inclusão desse conteúdo no currículo de Biologia de maneira a evitar reproduções de discursos deterministas e/ou reducionistas.

De acordo com Pontarotti (2016), a inclusão da transmissão de fatores não genéticos no estudo da biologia pode fornecer uma melhor compreensão de diversos fenômenos, além de preencher lacunas explicativas proporcionadas pela visão genocêntrica. Considerando que a maioria das características não são determinadas por um padrão de herança monogênica (DOUGHERTY, 2009), apresentar apenas essa visão reducionista da genética pode dificultar a compreensão do aluno sobre herança de características multifatoriais, podendo comprometer sua capacidade de tomar decisões individuais e coletivas de maneira consciente e responsável (ARAÚJO, 2017).

Para Araújo (2017), a inclusão do campo da epigenética no Ensino de Biologia possui dois efeitos principais: epistêmico, ao estabelecer a superação da dicotomia entre natureza e cultura e rever a separação entre as Ciências Biológicas e as Humanas; e “concreto”, ao ser aplicado no cotidiano dos discentes, reconhecendo a influência dos fatores ambientais, sociais e culturais para sua formação como indivíduo. Logo, além do conteúdo científico e suas implicações epistemológicas, a epigenética também possui um grande potencial de mudança social, já que a crença de que as escolhas e experiências são relevantes para o desenvolvimento de suas características pode afetar as decisões dos indivíduos na sociedade.

Pesquisas sobre abordagem da epigenética em sala de aula ainda são escassas. No Ensino Superior, podemos citar as propostas didáticas de Stark (2010) e Drits-Esser e colaboradores (2014), que, utilizando materiais didáticos e vídeos online²⁹, buscam explicar o funcionamento da expressão gênica através dos mecanismos epigenéticos, a

²⁹ Disponível em: <https://learn.genetics.utah.edu/content/epigenetics/intro/>

influência do ambiente no desenvolvimento de características e a possibilidade de sua transmissão. Billingsley e Carlson (2010), por outro lado, desenvolveram uma proposta de aula prática com *Drosophila* sobre a influência de fatores ambientais na expressão de genes, através de diferentes tipos de alimentações, analisando, inclusive, a transmissão transgeracional de marcações epigenéticas. Essas propostas possuem alto potencial em enriquecer o currículo dos cursos de Biologia, entretanto carecem de uma abordagem que considere as implicações sociopolíticas em suas discussões. Como vimos neste capítulo, considerar apenas o conteúdo referente ao tema, sem reconhecer seu potencial ambivalente e suas relações sociopolíticas, pode gerar discursos perigosos de exclusão e marginalização (MELONI, 2016b; RICHARDSON et al., 2016).

Em relação ao Ensino Básico, Gericke, McEwen e Thörne (2018) investigaram as características que definem um “letramento de epigenética” para sua implementação no currículo escolar sueco. Com a participação de diversos profissionais (médicos, biólogos, jornalistas, educadores e filósofos), os autores examinaram quais processos e concepções um cidadão precisaria saber para poder tomar decisões relevantes em relação a questões pessoais e sociais relacionadas à epigenética. Dentre os resultados do estudo, destacamos a consideração de questões éticas relacionadas ao tema de “epigenética e sociedade” no ensino – condizente com as discussões propostas neste capítulo.

Recentemente, Zudaire e Fraile (2020) investigaram a possibilidade de introduzir a epigenética para alunos do Ensino Médio, na Espanha, de forma a identificar as barreiras conceituais na progressão de aprendizagem e, conseqüentemente, auxiliar pesquisas futuras. As autoras apontam que os alunos foram capazes de compreender as ideias principais relacionadas à epigenética, mas apontam três barreiras conceituais importantes: as lacunas no conhecimento de genética básica, o determinismo genético e a noção de que a adaptação é um atributo do indivíduo e não da população.

Esses resultados são úteis para considerar uma reformulação do currículo respeitando a progressão de aprendizagem indicada, embora seja importante realizar estudos similares em contextos diferentes. Consideramos que a inclusão de conteúdos sobre epigenética só seja eficaz se pensada dentro da reformulação do currículo do ensino de genética, já que seus pressupostos em termos de interação entre fatores genéticos e ambientais para o desenvolvimento de características são, muitas vezes, contrários ao discurso inerente à genética clássica e molecular do currículo atual. Dessa forma, trabalhos como esses são importantes para repensarmos o que é ensinado e o que é preciso ensinar (DOUGHERTY, 2009; JAMIESON; RADICK, 2013).

Nesse sentido, a formação de professores capacitados a compreender os conceitos e implicações sociopolíticas do campo da epigenética é essencial para um ensino de Biologia atualizado, menos reducionista e crítico. Além disso, devemos considerar que a formação de professores não é meramente técnica e neutra, já que pode reproduzir tanto valores ligados à manutenção dos instrumentos de poder, quanto à resistência, empoderamento e justiça socioambiental (ESTEVÃO, 2001). A ideia de que o professor é um mero reprodutor de saberes produzidos por especialistas nega a agência do professor no processo educativo, a prática docente e, principalmente, as relações de poder e interesses inerentes às discussões pedagógicas (RAMALHO; NUÑES; GAUTHIER, 2004). Esse paradigma, denominado “racionalidade técnica”, está relacionado a uma ideologia científicista que age como “um instrumento de legitimação do capitalismo tardio e fortalece os processos de despolitização da opinião pública e os mecanismos de controle e dominação do sistema” (MARTÍNEZ, 2012, p. 55).

A ideologia científicista confere uma autoridade à ciência, desarticulando-a de preocupações sociais e políticas, desconsiderando a prática científica como atividade humana e, portanto, contextualizada sócio-historicamente (AIKENHEAD, 2002). Essa visão predomina o discurso da formação inicial de professores de ciências (CACHAPUZ et al., 2005; BAPTISTA, 2014). De forma a superar tal visão, Martínez (2012) sugere a utilização da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), a fim de considerar as implicações sociais, políticas, culturais, éticas e ambientais como aspectos relevantes para compreender o empreendimento científico como processo histórico e humano mediado por diversos interesses, ideologias e pontos de vista em disputa. Dessa forma, de acordo com o autor, “ensinar ciências no contexto contemporâneo deve ir além da mera apresentação de teorias, leis e conceitos científicos, implicando a reflexão sobre o que discentes entendem por ciência e tecnologia na sociedade em que vivem” (MARTÍNEZ, 2012, p. 32).

Com o objetivo de emancipar os sujeitos, ao fazer com que os alunos problematizem e questionem a ciência, engajando-se nas discussões da sociedade de forma esclarecida e responsável, a Educação CTSA é uma abordagem promissora para a introdução de epigenética na formação de professores de Biologia, considerando questões sociais, políticas, culturais e ambientais postas pela ciência e pela tecnologia (AULER; BAZZO, 2001; AZEVEDO et al., 2013). Considerar a abordagem da Educação CTSA na formação de professores é importante não apenas para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis e engajados em ações sociopolíticas, mas também

para a formação de profissionais que reconheçam a importância política de formar seus alunos para os mesmos objetivos, dentro de uma visão contextualizada e crítica do conhecimento científico (CONRADO, 2017). Nesse sentido, a formação de professores se constitui um eixo fundamental para a transformação da realidade do ensino de ciências em nosso contexto educacional (GIROUX, 1988).

Dentro do contexto da Educação CTSA, a utilização de questões sociocientíficas (QSC) oferece uma estratégia eficaz de incorporar a abordagem CTSA às práticas dos professores de Biologia (PEDRETTI, 2003; MARTÍNEZ, 2012). As QSC podem ser caracterizadas como problemas socioambientais relevantes e controversos que, para sua resolução, necessitam da mobilização de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores, além do domínio de aspectos científicos, tecnológicos, éticos, políticos, culturais, etc. (HODSON, 2013; CONRADO, 2017). As QSCs, ao serem utilizadas como estratégias pedagógicas norteadoras de práticas de ensino, podem possibilitar, por exemplo, o alcance do “letramento científico crítico” (HODSON, 2011; 2018), desenvolvendo habilidades argumentativas, tomada de decisões, pensamento crítico e ação sociopolítica nos discentes, ainda abarcando o ensino dos conteúdos específicos das disciplinas (ZEIDLER; NICHOLS, 2009; MARTÍNEZ, 2010; HODSON, 2011).

Martínez (2012) defende que a utilização de QSC pode contribuir para a formação de professores, já que estimula: a problematização da ideologia cientificista do currículo tradicional; a compreensão dos professores sobre a autonomia docente; e as interações dialógicas na formação de professores de Ciências. Da mesma forma, Conrado (2017) realça que tal abordagem pode auxiliar na capacitação para lidar com estratégias e metodologias de aprendizagem ativas, capazes de promover a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis. Nesse sentido, pode-se relacionar a formação de professores como intelectuais transformadores³⁰, em que se enfatiza a reflexão e prática acadêmica a serviço da educação dos discentes para que sejam cidadãos reflexivos e críticos, envolvidos em ações sociopolíticas (GIROUX, 1988; HODSON, 2011). De acordo com Giroux (1988, p. 163), “essencial para a categoria de intelectual

³⁰ De acordo com Giroux (1988), são considerados intelectuais por desconsiderarem o trabalho docente como puramente técnico e instrumentalizado ao considerarem a liberdade dos profissionais na produção e responsabilidade ativa do que e como é ensinado; e transformadores por utilizarem o pensamento crítico, e a linguagem da possibilidade de mudanças ao favor deles mesmos e dos alunos, estimulando nestes, o mesmo pensamento.

transformador é a necessidade de tornar o pedagógico mais político e o político mais pedagógico”.

Dito isso, para que a inclusão do campo da epigenética não se torne um conteúdo adicional no currículo de Biologia, descontextualizado da vida dos discentes, destacamos a necessidade de abordá-lo através de uma Educação CTSA, possibilitando a integração de aspectos sociopolíticos em um ensino de ciências mais crítico e menos cientificista (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Além disso, como vimos no capítulo, a epigenética possui diversas relações com questões históricas, filosóficas e sociológicas da ciência, fornecendo novas perspectivas que superem o genocentrismo biológico e suas consequências para o desenvolvimento e herança de características. Por fim, por sua compreensão influenciar diretamente como compreendemos diversas questões relacionadas à saúde (e.g. câncer, obesidade, etc.), a epigenética tangencia diversas QSC, podendo contribuir para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, engajados em ações sociopolíticas (HODSON, 2011).

CAPÍTULO 2: O POTENCIAL DE UMA QSC SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA TRANSGERACIONAL DA OBESIDADE PARA O ALCANCE DO LETRAMENTO CIENTÍFICO CRÍTICO

O campo da epigenética é essencial para compreender a relação entre o biológico e o social no desenvolvimento de fenótipos e na herança de características dos seres vivos (MOORE, 2015; MELONI, 2016b). Compreendendo o funcionamento dos marcadores epigenéticos na expressão gênica, é possível identificar os mecanismos responsáveis pela alteração do fenótipo em relação às mudanças ambientais (PIGLIUCCI, 2001). Em humanos, o campo da epigenética traz um enorme potencial para compreender fenômenos de interação complexa entre os genes e o ambiente – nesse caso, representado pelas interações sociais, pela cultura, pelas consequências políticas, etc. Em questões envolvendo saúde, a epigenética possui especial importância, já que o campo pode auxiliar na compreensão de doenças de origem multifatorial, possibilitando o desenvolvimento de tratamentos (ROBERTSON; WOLFFE, 2000) e estratégias de políticas públicas eficazes (ROZEK et al., 2014).

Dessa forma, quando vinculado a questões de saúde, o campo da epigenética pode possibilitar a abordagem de temas complexos e relevantes para a sociedade, além de auxiliar em sua resolução. Para que esses temas não sejam compreendidos dentro de uma visão cientificista – em que apenas o conhecimento científico seria suficiente para solucionar os problemas envolvendo esse tema complexo –, é imperativo que esses temas sejam considerados dentro de uma perspectiva que compreenda as interações existentes entre as questões científicas/tecnológicas e as questões sociais, políticas, econômicas, éticas, etc. Portanto, a fim de compreender de forma integral as diversas dimensões que influenciam e que são influenciadas pela epigenética no campo da saúde, esses temas devem ser refletidos através de uma perspectiva que considere suas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). No âmbito pedagógico, a Educação CTSA tem possibilitado a integração de aspectos sociopolíticos no ensino de ciências, bem como o desenvolvimento de atitudes e valores correspondentes à compreensão da atividade científica como um empreendimento cultural, proporcionando a aplicação do conhecimento de uma forma mais integradora e responsável (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Dentro dessa perspectiva, as questões sociocientíficas (QSC) são problemas socioambientais relevantes que envolvem conhecimentos, habilidades, atitudes e valores,

incluindo aspectos científicos, tecnológicos, éticos, políticos, culturais, entre outros (HODSON, 2013; CONRADO, 2017). Como explorado no capítulo 1, o uso de QSC pode ser uma estratégia útil para um ensino baseado nos pressupostos da Educação CTSA, além de contribuir na formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de se posicionar criticamente sobre temas complexos e estimular os discentes a participar mais ativamente da sociedade.

O uso de QSCs no ensino possui o potencial de alcançar uma formação de professores menos cientificista (GIROUX, 1988; MARTÍNEZ-PEREZ et al., 2011) e promover um letramento científico crítico, contribuindo para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de se mobilizar em ações sociopolíticas e uma formação de professores menos cientificista (HODSON, 2011). O letramento científico crítico relaciona-se com uma educação científica voltada à formação de ativistas sociais, capazes de dialogar criticamente, reconhecer os interesses e poderes por trás de decisões que neguem a justiça socioambiental, e de ser participativo e crítico na sociedade, seja com ações individuais ou coletivas (CONRADO, 2017; HODSON, 2011). Para alcançar o letramento científico crítico, o discente deve ser capaz de não apenas reconhecer a ciência e a tecnologia como culturalmente determinadas, mas também identificar os interesses e valores intrínsecos ao desenvolvimento científico e tecnológico, desenvolver suas próprias opiniões de forma justificada e, por fim, tomar decisões e agir sobre problemas socioambientais (HODSON, 2011).

Além de ser recomendado como conhecimento básico para professores de biologia (MILITELLO, 2013; DRITS-ESSER et al., 2014), o campo da epigenética também possui grande potencial para promover um letramento científico crítico no ensino, se abordado de forma contextualizada em uma QSC. No presente estudo, apostamos no potencial de utilizar a QSC sobre herança epigenética da obesidade como estratégia para alcançar um letramento científico crítico em discentes de licenciatura do Ensino Superior de Biologia.

O tema da obesidade foi escolhido dentre tantos outros envolvendo epigenética e saúde (e.g. câncer, doenças cardiovasculares, etc.), devido aos seguintes motivos principais: o aumento exponencial na taxa de obesidade no Brasil e no mundo nas últimas décadas, alcançando medidas epidêmicas (BRASIL, 2017); a importância de abordar o tema da obesidade no ensino para conscientização dos discentes sobre alimentação e hábitos de vida (BRASIL, 1997); as relações e influências complexas de questões científicas, políticas, econômicas, sociais, éticas, emocionais, etc. envolvendo a

obesidade (FELT; FELDER; PENKLER, 2015); as diversas evidências empíricas da epigenética no desenvolvimento da obesidade, tanto em níveis individuais, quanto na transmissão transgeracional (ROBERT, 2017); e o potencial da epigenética em desenvolver tratamentos e medidas de políticas públicas eficazes na prevenção e tratamento da obesidade (BAKULSKI; FALLIN, 2014). Esses diversos motivos apontam para um potencial da QSC em abordar temas relevantes para o ensino e promover o letramento científico crítico nos discentes.

Neste capítulo iremos analisar o potencial da QSC de herança epigenética da obesidade em promover o letramento científico crítico, abordando as relações CTSA envolvidas no tema, os interesses e valores dos atores sociais envolvidos, as controvérsias, e as medidas voltadas para uma maior justiça socioambiental. O capítulo iniciará definindo obesidade e analisando o aumento dessa condição no Brasil e no mundo, além de uma breve introdução às causas e consequências socioeconômicas vinculadas à obesidade (seção 2.1). Em seguida, serão analisadas as diversas hipóteses propostas para explicar o aumento da taxa de obesidade no mundo e a importância de considerar o campo da epigenética para uma compreensão mais ampla dos fenômenos envolvidos no desenvolvimento de tal condição (seção 2.2). Considerando o potencial do campo da epigenética em promover políticas públicas inclusivas para a prevenção e tratamento da obesidade, mas também de estigmatizar e sobrecarregar responsabilidade individual, na seção 2.3 buscaremos identificar os valores presentes nos discursos sobre herança epigenética da obesidade no meio acadêmico e na mídia. Na seção 2.4 será analisada criticamente a prevenção e tratamento da obesidade no Brasil e no mundo através de uma abordagem CTSA, abordando os interesses e valores envolvidos na QSC, bem como os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais relacionados. Por fim, na seção 2.5, investigaremos o potencial da QSC em promover o letramento científico crítico em discentes e, principalmente, professores, através de uma estrutura pedagógica que considere as características investigadas no capítulo.

2.1 A OBESIDADE NO BRASIL E NO MUNDO

2.1.1 Obesidade como problema de saúde pública

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a obesidade e o sobrepeso são condições médicas³¹ definidas pelo acúmulo anormal ou excessivo de gordura, de forma que possa prejudicar a saúde do indivíduo (OMS, 2018). O excesso de peso é considerado um fator de risco, pois aumenta a probabilidade de ocorrência de diversas doenças e condições, tais como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, apneia obstrutiva do sono, certos tipos de câncer, artrose e depressão (OMS, 2018).

A obesidade no mundo quase triplicou desde 1975. Em 2016, por volta de 2 bilhões de adultos se encontravam acima do peso – desses, 650 milhões estavam obesos (OMS, 2018). No Brasil, uma análise do Ministério da Saúde (2016) estimou que cerca de 18 milhões de pessoas podem ser consideradas obesas no país – um aumento de 60% em apenas 10 anos. E, em relação ao sobrepeso, foi estimado que 70 milhões de brasileiros se encontravam em tal condição – o dobro de três décadas atrás (BRASIL, 2017). A OMS (2018) estima que sobrepeso e obesidade podem se tornar, nas próximas décadas, o maior problema de saúde pública mundial, substituindo subnutrição e doenças infecciosas. Em um extenso estudo envolvendo mais de 200 países e milhões de indivíduos, pesquisadores do NCD Risk Factor Collaboration (2016) estimam que, até 2025, 18% de todos os homens e 21% das mulheres do mundo irão se encontrar na condição de obesidade.

O aumento na taxa de obesidade resulta em desafios sociais, psicológicos, físicos e econômicos em uma escala global (OMS, 2018). A prevenção e tratamento da obesidade³² tem sido assunto discutido amplamente, devido aos alarmes feitos por entidades mundiais (*e.g.* OMS), quanto nacionais (*e.g.* Ministério da Saúde). Portanto, a obesidade é um problema político de saúde pública devido a sua prevalência, seus custos,

³¹ A obesidade não é mais reconhecida como doença pela OMS, pois, do ponto de vista tradicional, a definição de doença requer a existência de um grupo de sinais e sintomas e alteração funcional. Devido à obesidade ser definida por meio de um valor antropométrico ou de gordura corporal acima de um ponto de corte, tal procedimento pode apenas definir uma ameaça à saúde e longevidade, e não uma doença *per se*, mas um fator de risco para outras doenças (ANJOS, 2006). Atualmente, a discussão retornou, com organizações se posicionando a favor de considerar obesidade como doença a fim de auxiliar em sua prevenção e tratamento (JOHN-SOWAH, 2005).

³² Nessa tese, utilizamos o termo “prevenção e tratamento da obesidade” como alternativa ao mais utilizado “combate à obesidade”, já que, como apontado por Rigo e Santolin (2012, p. 283), o “termo ‘combate’ (...) carrega consigo determinadas implicações políticas e socioculturais, contribuindo, possivelmente, para a discriminação do sujeito”.

e efeitos na saúde da população. Esforços de saúde pública mundiais e nacionais buscam compreender e corrigir os fatores ambientais responsáveis por aumentar a prevalência da obesidade, principalmente os relacionados ao consumo de alimentos com excesso calórico e a inibição de atividade física (OMS, 2018; BRASIL, 2012). Exemplos desses tipos de esforços podem ser encontrados em programas de refeições reembolsados pelo governo federal, limitação na propaganda de *junk food*³³ para crianças, restrição do acesso a bebidas adoçadas com açúcar em escolas, maior tributação de alimentos com baixo valor nutricional e alto valores de açúcar, gordura e sal, maior acesso a parques e outros ambientes que estimulem atividades físicas através de planejamento urbano, etc. (NESTLE, 2013).

Além das consequências sociais, os custos econômicos decorrentes da obesidade e doenças crônicas a ela relacionadas são significativos e crescentes para os sistemas de saúde e para a sociedade. As consequências associadas não se limitam aos elevados custos médicos, mas incluem também os custos indiretos ou sociais, tais como: diminuição da qualidade de vida, problemas de ajustes sociais, perda de produtividade, incapacidade que levam a aposentadorias precoces e morte (BAHIA; ARAÚJO, 2014). Os dados de custos nacionais são importantes informações que ajudam na tomada de decisão por gestores sobre investimentos e prioridades, auxiliando no processo de eficiência nos gastos em saúde. A análise do impacto orçamentário de intervenções preventivas e terapêuticas viabiliza o acesso e a sustentabilidade, em longo prazo, do tratamento desses indivíduos.

2.1.2 Medidas e causas da obesidade

O método mais utilizado para medir sobrepeso e obesidade em nível populacional é a estimativa do Índice de Massa Corporal (IMC), também conhecido como índice de Quételet, em homenagem ao seu desenvolvedor, Lambert Quételet. O IMC é uma tentativa de quantificar a massa corporal (composta por gordura, músculos e ossos) de um indivíduo e caracterizar, através do valor encontrado, se está abaixo do peso, com peso normal ou acima do peso. Esse valor é obtido pela divisão do peso de uma pessoa em quilogramas pelo quadrado de sua altura em metros (kg/m^2). A relação entre o IMC e o risco de morbidade ou mortalidade tem, em geral, um padrão em forma de “U”, ou seja,

³³ Expressão pejorativa de origem inglesa para alimentos com alto teor de açúcar, gordura e sal, e baixo valor nutricional de vitaminas, proteínas, minerais e fibras alimentares (O'NEILL, 2006).

existe risco maior de adoecer quando os valores de IMC são muito baixos ou muito altos e mais ou menos estáveis para valores intermediários. A Tabela 1 apresenta a classificação internacional do IMC. Convencionalmente, os valores definidos atualmente pela Organização Mundial da Saúde para a classificação do IMC são: menos de 18,5 kg/m² para abaixo do peso; entre 18,5 kg/m² a 24,99 kg/m² para peso normal; 25 kg/m² a 29,99 kg/m² para sobrepeso; e acima de 30 kg/m² para obesidade (OMS, 2018).

Tabela 1: Classificação internacional de Índice de Massa Corporal para indivíduos adultos (maiores de 18 anos) (OMS, 2018)

Classificação	IMC(kg/m²)
Abaixo do peso	<18.50
Magreza severa	<16.00
Magreza moderada	16.00 - 16.99
Magreza suave	17.00 - 18.49
Normal	18.50 - 24.99
Sobrepeso	25.00 – 29.99
Obesidade	≥30.00
Obesidade Grau I	30.00 - 34.99
Obesidade Grau II	35.00 - 39.99
Obesidade Grau III	≥40.00

A categorização do IMC é tópico de debate por diversos motivos: o modelo não distingue o tipo de composição corporal do indivíduo; há variação de valores entre populações e etnias diferentes (OMS, 2004); e também existe associação entre aumento de morbidade e mortalidade com as categorias estabelecidas (KENDRICK, 2015). Entretanto, ainda que não seja um método aconselhado para avaliações clínicas pessoais³⁴, o IMC continua sendo a medição mais pragmática para analisar peso corporal em relação à altura, a nível populacional, devido a sua facilidade e sua margem de segurança em associar o valor do índice a doenças crônicas. As diversas críticas ao uso do IMC fazem parte do processo de discussão sobre as limitações de tal ferramenta a fim de aprimorá-la e torná-la mais eficaz na correlação entre seus valores e doenças crônicas e, dessa forma, auxiliar em medidas e planos para a prevenção e tratamento da obesidade.

³⁴ Para estas, o percentual de gordura corporal (%GC) é o mais recomendado para avaliar com maior precisão a classificação do acúmulo de gordura, ainda que não haja um critério definitivo para o diagnóstico da obesidade (ANJOS, 2006).

As causas da obesidade costumam ser relacionadas a um quadro prolongado de ingestão energética maior do que o gasto energético, ou seja, um desequilíbrio entre o insumo e consumo de calorias (ANJOS, 2006). Entretanto, cabe ressaltar que a origem da caloria é de suma relevância para compreender o aumento de peso (STANHOPE et al., 2018). Dentre as calorias ingeridas, o açúcar é considerado o de maior problema, principalmente quando adicionado artificialmente aos produtos. O fato do açúcar possuir um reduzido tamanho molecular, combinado com a falta de fibra nos produtos industrializados, faz com que ele seja rapidamente absorvido pelo organismo, sendo o excesso metabolizado em gordura e estocado nos tecidos adiposos. Ao contrário, moléculas mais complexas precisam ser quebradas em moléculas menores pelas enzimas digestivas, diminuindo sua taxa de velocidade de absorção. Dessa forma, a origem da caloria pode ter implicações muito diferentes para a saúde e para o peso do indivíduo (NESTLE; NESHEIM, 2013).

Além disso, é importante considerar a obesidade como uma característica multifatorial, causada por uma consequência de questões complexas que vão muito além de decisões pessoais. O aumento da taxa de obesidade no mundo está intimamente vinculado a diversas questões socioculturais e político-econômicas complexas, que dificultam a associação a um único fator causal. Fatores como desigualdade social, acesso a alimentos saudáveis, globalização cultural, lobismo da indústria alimentícia e sua influência na política, contribuem para a taxa de obesidade no mundo de modo expressivo (MCLAREN, 2007; WELLS, 2012). Portanto, esses fatores devem ser levados em consideração para uma compreensão mais crítica sobre a obesidade, para que se alcance resoluções mais eficazes para o problema.

Existe uma grande necessidade de estratégias seguras e eficazes para prevenção e tratamento da obesidade. Entretanto, as miríades de campanhas governamentais e de agências de saúde para tratamento da obesidade tiveram um efeito limitado em reduzir as taxas de sobrepeso e obesidade em médio a longo prazo (HAFEKOST et al., 2013). Considerando as críticas relacionadas à introdução das políticas públicas apenas após o problema se estabelecer, sendo consideravelmente mais difícil o tratamento (GORTMAKER et al., 2011), as campanhas atuais focam na prevenção a fim de alcançar resultados mais eficazes e de longo prazo (DIAS et al., 2017). Por isso, para desenvolver estratégias de prevenção e tratamento mais eficazes, é essencial compreender melhor os fatores que contribuem para o desenvolvimento da obesidade no mundo (VAN DIJK et al., 2015).

2.2 A HERANÇA EPIGENÉTICA TRANSGERACIONAL DA OBESIDADE

2.2.1 A hipótese do genótipo poupador

As medidas de prevenção e tratamento da obesidade são influenciadas diretamente pela identificação das causas científicas de seu desenvolvimento. Além de estudos epidemiológicos individuais, que buscam associar o aumento de peso a fatores específicos, muitas teorias foram propostas para explicar o aumento da obesidade em termos populacionais, *i.e.* quais as principais influências que precisam ser levadas em consideração no desenvolvimento de estratégias de prevenção e tratamento da obesidade. Devido ao fato da obesidade estar intimamente relacionada tanto a questões biológicas quanto ambientais, tentativas de explicá-la de forma reducionista fracassaram em construir teorias consistentes o suficiente para guiar as políticas públicas³⁵. Nessa seção, analisaremos criticamente as explicações biológicas para a obesidade, de seu passado reducionista à proposta mais recente envolvendo o campo da epigenética e uma compreensão de sua natureza multifatorial.

A primeira proposta para explicar o desenvolvimento da obesidade foi a “hipótese do genótipo poupador” (NEEL, 1962). Buscando explicar porque certas populações humanas atuais são mais propensas a desenvolver diabetes tipo 2 e obesidade, essa hipótese utilizava como base conceitual a genética e a seleção natural. De acordo com tal explicação, a diabetes teria surgido como uma mutação aleatória causando resistência à insulina e poderia ser adaptativa para indivíduos expostos a ambientes com escassez de alimentos. Dessa forma, tais indivíduos teriam uma vantagem adaptativa em relação aos demais, transmitindo tal mutação às próximas gerações. Entretanto, nos dias atuais, com ampla disponibilidade de alimentos, a resistência à insulina se tornaria prejudicial, causando uma maior propensão a desenvolver diabetes tipo 2.

Da mesma forma, a obesidade poderia ser explicada pelo surgimento, por mutação, de “genes poupadores” responsáveis por fenótipos específicos (*i.e.* aparatos bioquímicos metabólicos), que aumentariam a deposição dos nutrientes em gordura no organismo, a fim de proporcionar estoques para períodos de escassez. De acordo com

³⁵ Definimos “políticas públicas” como “política de ação que visa, mediante esforço organizado e pactuado, atender necessidades sociais cuja resolução ultrapassa a iniciativa privada, individual e espontânea, e requer deliberada decisão coletiva regida por princípios de justiça social, que por sua vez, devem ser amparados por leis impessoais e objetivas, garantidoras de direitos” (PEREIRA, 2009, p. 171).

essa hipótese, os humanos caçadores-coletores viveriam em períodos intercalados de abundância e de escassez de alimentos, proporcionando uma vantagem adaptativa para características que aumentassem o armazenamento de energia nos indivíduos (e.g. paladar para alimentos calóricos, rotas metabólicas para armazenamento lipídico, etc.). Igualmente ao caso da diabetes, a presença de tal gene na sociedade atual, com abundância constante de alimentos, propiciaria a obesidade nos indivíduos (NEEL, 1962).

O desenvolvimento da hipótese do genótipo poupador precisa ser compreendido dentro do contexto de uma época em que as promessas da genética molecular para a explicação de fenômenos biológicos e o desenvolvimento de biotecnologia abriram caminho para abordagens envolvendo um reducionismo genético (PARADIES; MONTOYA; FULLERTON, 2007) e uma abordagem adaptacionista³⁶ (GOULD; LEWONTIN, 1979; GOSLING et al., 2015). Revolucionária em sua época ao ser a primeira a integrar os conhecimentos sobre epidemiologia com a evolução humana, a hipótese do genótipo poupador fracassa ao não reconhecer outros fatores que podem ter maior poder explicativo no desenvolvimento e evolução das características. Além disso, evidências antropológicas sobre evolução humana contradizem a ideia de que períodos de fartura e fome eram comuns no paleolítico (BASCHETTI, 1998). E, mesmo considerando caçadores-coletores modernos que passam por períodos de fartura e escassez, não são encontradas diferenças no acúmulo de gordura ao longo do ano (SPEAKMAN, 2008). Entretanto, o contínuo uso da hipótese do genótipo poupador dificulta a formulação de uma hipótese alternativa que seja mais consistente com o conhecimento de áreas como genética, antropologia, arqueologia e epidemiologia (GOSLING et al., 2015).

2.2.2. A hipótese do fenótipo poupador e o campo da epigenética

Dentro dessa perspectiva, a hipótese do fenótipo poupador, desenvolvida por Hales e Barker (1992), busca explicar o surgimento dos fenótipos de uma forma mais integradora, considerando a complexidade das interações entre genótipo e ambiente, *i.e.* a natureza multifatorial das características. Enquanto a hipótese do genótipo poupador interpretava a obesidade como uma adaptação de um passado remoto na história evolutiva

³⁶ Para Gould e Lewontin (1979), adaptacionismo é uma abordagem de descrição das causas de formas e funções particulares de organismos como coleção de partes separadas, adquiridas exclusivamente pela ação da seleção natural, ignorando outros mecanismos, tais como restrições desenvolvimentais.

humana, a hipótese do fenótipo poupador considera que tal característica é diretamente relacionada à incompatibilidade de um ajuste ao longo do desenvolvimento embrionário, em relação ao ambiente atual. Em outras palavras, a hipótese propõe que a obesidade ocorre devido à capacidade do feto de se ajustar a um ambiente intrauterino adverso otimizando o uso de suprimentos energéticos reduzidos, no sentido de garantir sua sobrevivência. Desde sua proposição, diversos estudos corroboram tal hipótese, com evidências do ambiente intrauterino no desenvolvimento de diabetes 2 (FORSEN et al., 2000) e obesidade (VANHALA et al., 1998), ainda que mais dados sejam necessários para identificar os mecanismos envolvidos (HALES; BARKER, 2001).

O campo da epigenética é essencial para nos ajudar a compreender os mecanismos envolvidos na hipótese do fenótipo poupador, abordando de forma mais complexa – e menos reducionista – as relações complexas entre o ambiente e o genótipo na formação do fenótipo. Responsável pelo estudo das mudanças fenotípicas que não envolvem alteração na sequência de DNA, o campo da epigenética nos auxilia a compreender as alterações na expressão gênica por influência de fatores ambientais e/ou desenvolvimentais (DUPONT; ARMANT; BRENNER, 2009). Os mecanismos epigenéticos dão sustentação ao desenvolvimento de certos fenótipos através da interação do ambiente com o genótipo, principalmente no período embrionário – momento crítico para o estabelecimento do epigenoma.

O campo da epigenética estabeleceu mecanismos importantes para compreender a epidemiologia de diversas doenças através da alteração na expressão gênica a partir de informações ambientais (JABLONKA, 2004; BAKULSKI; FALLIN, 2014). A obesidade, por estar relacionada intimamente com dieta, hábitos e histórico de vida, foi frequentemente apontada como um campo da saúde que poderia obter novas perspectivas através dos mecanismos epigenéticos, principalmente para auxiliar no desenvolvimento de políticas públicas (WATERLAND, 2008; VAN DIJK et al., 2015).

Levando-se em conta que os períodos de desenvolvimento embriológico e de amamentação são considerados críticos para o estabelecimento do epigenoma de mamíferos (SKINNER, 2011), diversos estudos apontam para a influência ambiental, no período anterior ou logo após o nascimento, no aumento do risco de obesidade na vida futura do indivíduo (HEIJMANS et al., 2008; REYNOLDS; JACOBSEN; DRAKE, 2013). Dentro dessa perspectiva, o campo de pesquisa “Origens Desenvolvimentais da

Saúde e da Doença” (DOHaD³⁷) considera que doenças crônicas que se manifestam na vida adulta podem ter sua base desenvolvimental no início da vida – da gestação à infância. Dessa forma, intervenções nutricionais durante a gravidez e lactação podem ter o potencial de mitigar ou superar tal programação adversa.

O campo de pesquisa DOHaD se sustenta na hipótese do fenótipo poupador para explicar o predomínio e a incidência de desordens metabólicas no mundo atual (HALES; BARKER, 2001). Ao focar na história de vida do sistema, pode-se identificar ajustes fisiológicos no desenvolvimento como respostas adaptativas preditivas a ambientes futuros (GLUCKMAN; HANSON, 2008). Caso tais recursos sejam escassos ao longo do desenvolvimento fetal, esses ajustes irão estabelecer um funcionamento de organismo com maior capacidade de conservar energia, a fim de preparar o organismo para um ambiente de escassez. Entretanto, ao se tornar um adulto, tal fenótipo poupador pode se deparar com um ambiente completamente diferente, *i.e.* com abundância de alimentos. Esse fenômeno, chamado de “paradigma de concordância-contraste de doença metabólica” (*the match-mismatch paradigm of metabolic disease*) (SILVEIRA, 2007; GLUCKMAN; HANSON, 2008), pode ajudar a explicar o aumento da predisposição de indivíduos à obesidade, já que o organismo de um adulto pode ter problemas em lidar apropriadamente com um ambiente rico em calorias, caso o fenótipo frugal tenha sido vantajoso no desenvolvimento uterino.

O campo de pesquisa DOHaD pode ser considerado um subconjunto de processos mais gerais de plasticidade fenotípica, pelo qual organismos se adaptam à variação ambiental durante sua vida (GLUCKMAN; HANSON, 2008). De importância tanto desenvolvimental quanto evolutiva, a plasticidade fenotípica é a capacidade de um organismo de produzir diferentes fenótipos em resposta a variações ambientais específicas, aumentando a chance de sobrevivência e reprodução do indivíduo (PIGLIUCCI, 2001). Essa relação entre história de vida, ambiente e biologia pode trazer uma nova perspectiva para o desenvolvimento de políticas públicas.

³⁷ Do inglês, “Developmental Origins of Health and Disease”.

2.2.3. A herança epigenética transgeracional da obesidade e o modelo biossocial

O campo da epigenética, além de incluir mecanismos capazes de explicar o desenvolvimento de certas condições de saúde e doenças a partir de influências de fatores ambientais, pode também auxiliar na explicação de transmissão de tais características através das gerações. Como visto no capítulo anterior, ainda que seja uma área em intensa discussão na comunidade científica, a herança epigenética transgeracional tem angariado evidências empíricas importantes para se estabelecer como um fator a ser considerado no fenômeno de herança biológica (MORGAN et al., 1999; JABLONKA; RAZ, 2009).

Estudos epidemiológicos humanos já forneciam fortes evidências de que a obesidade materna durante a gravidez é um fator de risco para obesidade nos filhos (GUÉNARD et al., 2013). Recentemente, investigações utilizando modelos animais encontraram evidências de que a nutrição materna contribui para a herança da obesidade (PARLEE; MACDOUGALD, 2014), bem como a transmissão de mecanismos epigenéticos através de gametas – seja através do óvulo (WATERLAND et al., 2008), de espermatozoides (DE CASTRO BARBOSA et al., 2016), ou de ambos (SKINNER et al., 2013; HUYPENS et al., 2016).

Em humanos, a possibilidade de herança epigenética transgeracional continua em intensa discussão na comunidade científica, principalmente devido à dificuldade de isolar fatores ambientais (sociais, culturais, etc.) e biológicos. Entretanto, há estudos que, através de um extenso registro de dados populacionais de coorte e epidemiológicos, apontam para a herança epigenética transgeracional humana como um fator importante a ser considerado no desenvolvimento de doenças crônicas ao longo das gerações, como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (HEIJMANS et al., 2008; PAINTER et al., 2008; BYGREN et al., 2014). Em relação à obesidade em humanos, ainda que não haja evidências empíricas, a sugestão da existência da herança epigenética transgeracional, bem como a existência da transmissão de uma tendência à obesidade em mamíferos, apontam para uma forte possibilidade a ser considerada, principalmente no desenvolvimento de políticas públicas (OHLINGER, 2012; BAKULSKI; FALLIN, 2014; VAN DIJK et al., 2015).

As crescentes evidências envolvendo tanto as influências do desenvolvimento uterino, quanto a herança das marcações epigenéticas pelos gametas, compõe um novo paradigma para compreender o desenvolvimento de certos tipos de doenças através de um modelo biossocial (MELONI, 2015; MÜLLER et al., 2017). A partir da relação

dialógica entre o biológico e o social, superando a dicotomia entre natureza e cultura, a epigenética pode trazer uma compreensão mais adequada da origem das doenças e desenvolver métodos e estratégias mais eficazes para sua prevenção e tratamento – principalmente para populações socialmente vulneráveis.

Um conceito importante proveniente dessa relação dialógica é o de “incorporação” (*embodiment*), o qual nos auxilia a abranger uma perspectiva dinâmica da relação entre o biológico e o social (MELONI, 2015). O reconhecimento da plasticidade fenotípica na resposta às variações ambientais permite compreender as conexões entre as configurações sociais humanas e a fisiologia e morfologia do indivíduo em um contexto sociopolítico específico. Fornecendo os mecanismos necessários para compreender os caminhos moleculares pelos quais fatores ambientais podem ser inscritos no corpo biológico, a epigenética é, para muitos, o campo de conhecimento necessário para estabelecer o conceito de incorporação na interpretação de fenômenos envolvendo, por exemplo, saúde e desigualdade social e racial (MELONI, 2015; KUZAWA; SWEET, 2009; GRAVLEE, 2009).

Considerando, como vimos, que mutações genéticas são insuficientes para explicar o aumento drástico no predomínio da obesidade na população humana (VAN DIJK et al., 2015), considerar fatores epigenéticos transmitidos através de gametas (HUYPENS et al., 2016) e ao longo do desenvolvimento (PARLEE; MACDOUGALD, 2014) pode auxiliar no poder explicativo para compreender o aumento na taxa de obesidade. Sendo as modificações epigenéticas passíveis de reversão, a sua compreensão pode auxiliar na elaboração de intervenções de prevenção e tratamento da obesidade (NICULESCU, 2011). Entretanto, como veremos na próxima seção, a epigenética pode também ser utilizada como base para justificar o aumento da estigmatização de indivíduos ao sobrecarregar a responsabilidade individual (MÜLLER et al., 2017). Dessa forma, considerando o potencial ambivalente da epigenética, a identificação dos interesses e valores envolvidos em seu discurso na prevenção e tratamento da obesidade, tanto no meio acadêmico quanto na mídia, pode auxiliar a desenvolver estratégias para uma abordagem no tema de forma a alcançar uma maior justiça social.

2.3 O POTENCIAL AMBIVALENTE DA EPIGENÉTICA NA PREVENÇÃO E TRATAMENTO DA OBESIDADE

2.3.1. Valores nos discursos de epigenética

Meloni e Testa (2014) e Meloni (2016b) alertam para o potencial ambivalente do discurso da epigenética no contexto político. Enquanto cientistas se posicionam de forma otimista sobre a reversibilidade dos marcadores epigenéticos, as consequências políticas do campo científico são muito mais complexas. Para os autores, mesmo a epigenética podendo ser utilizada em favor de medidas de inclusão, sua visão subjacente pode excluir tanto quanto o campo da genética. Em seu livro, *Political Biology*, Meloni (2016b) traça as implicações sociopolíticas da herança biológica humana, da segunda metade do século XIX até a era da pós-genômica atual. O principal argumento que permeia o livro é de que, independente da teoria utilizada, o seu potencial político pode ser utilizado tanto para opressão, quanto para desenvolver uma sociedade mais igualitária e inclusiva. Logo, a epigenética, atualmente, também está vulnerável a interesses e, de acordo com o autor, não é possível prever o seu uso político.

Entretanto, é possível reconhecer e identificar os valores permeando os discursos sobre epigenética, tanto no meio acadêmico, quanto na mídia. Richardson et al. (2014), em um comentário na revista *Nature* intitulado *Don't blame the mothers* (“Não culpem as mães”), alertam para o perigo envolvendo a simplificação em focar o impacto materno da epigenética em casos como diabetes e obesidade. Ainda que outros fatores sejam bem estudados, tais como contribuição paterna, influência familiar e ambiente social, esses recebem menos atenção na mídia. Dessa forma, a epigenética pode contribuir para uma longa história de culpabilização das mães, podendo aumentar a vigilância e regulação de mulheres grávidas. Reconhecendo o potencial do campo para políticas públicas, as autoras insistem para que cientistas, educadores e jornalistas antecipem como será a interpretação do público em discussões populares e, principalmente, reconheçam o papel dos fatores sociais, ao invés de enfatizar a influência individual materna (RICHARDSON et al., 2014).

Ao analisar as relações CTS em narrativas sobre maternidade em artigos científicos sobre epigenética, as pesquisadoras feministas Kenney e Müller (2016), apontam para uma reprodução de estereótipos sobre responsabilidade e culpa materna nos discursos da epigenética. As autoras também citam a molecularização do ambiente pelos mecanismos epigenéticos (NIEWÖHNER, 2011) e a consequência de, ao medir e quantificar os efeitos ambientais no organismo, enfatizar a influência individual materna,

ao invés de reconhecer as influências socioculturais (principalmente desigualdades socioeconômicas e raciais) envolvidas na dieta (KRUEGER; REITHER, 2015). Para uma interpretação da epigenética adequada a valores de justiça socioambiental, é vital ter em vista a responsabilidade política, ao invés de individual, atribuindo-a aos atores capazes de fazer mudanças sistêmicas em vez de individuais, como Estados ou corporações (HEDLUND, 2012). Para isso, Kenney e Müller (2016) apontam a importância de colaboração entre as ciências humanas e biológicas a fim de alcançar tais valores e superar discursos científicos opressores.

Dessa forma, ainda que Meloni (2016b) aponte para um imprevisível uso político do campo da epigenética, é possível perceber que o discurso presente, tanto em publicações científicas, quanto na mídia, está carregado de valores de culpabilização e estigmatização. Isso ocorre, pois, a origem e o desenvolvimento de um fato científico são explicados pelas ideias iniciais relativas ao fato, surgidas no passado, e que, apesar das modificações, continuam existindo nesse referencial histórico-cultural (FLECK, 1981). O pensamento vai se modificando e se adaptando em consonância com o sistema. Por isso, a epigenética, tendo surgido historicamente no campo da genética molecular, carrega consigo, frequentemente, o mesmo discurso reducionista, determinista e eugenista (CAIN, 2013; MELONI, 2016a). Entretanto, devido à aproximação cada vez mais evidente a campos como Teoria dos Sistemas Desenvolvimentais (BOTELHO, 2007; ROBERT, 2017) e Epidemiologia (JABLONKA, 2004), a epigenética é também cada vez mais utilizada de forma a considerar uma complexa interação multifatorial e abordagens de justiça social.

2.3.2. Perspectivas sobre obesidade

De acordo com Saguy e Riley (2005), a forma como concebemos o problema da obesidade determina como a compreendemos e como planejamos sua resolução. Ao analisar as diferentes abordagens em relação à prevenção e tratamento da obesidade, as autoras identificam quatro perspectivas utilizadas recentemente na comunidade científica, nas discussões políticas, e na mídia: obesidade como comportamento de risco; obesidade como doença; obesidade como epidemia; e obesidade como diversidade corporal. Reconhecer em qual das perspectivas o discurso da epigenética se encontra é importante para identificar suas qualidades e limitações.

A obesidade como comportamento de risco retrata tal condição como uma consequência de más escolhas de estilo de vida. Dessa forma, se for possível alterar tais

escolhas, pode-se superar a obesidade. Não obstante um reconhecimento geral de que o peso corporal não está completamente sob controle pessoal, essa perspectiva domina a literatura e muitas ações públicas, especialmente em discussões sobre medicação da obesidade. A implicação social desse tipo de perspectiva é a interpretação de que corpos acima do peso são condições evitáveis, além de uma falha moral. Portanto, tal perspectiva pode facilmente levar a uma culpabilização e marginalização de pessoas acima do peso na sociedade.

Por outro lado, a obesidade como doença se caracteriza por ser quase o oposto da primeira: a condição é um problema médico que requer cuidado e cura, não merecendo crítica ou desprezo. Há um movimento atual em redefinir obesidade como doença, ao invés de sua atual definição como condição de risco para doenças crônicas, como estabelecido pela OMS (2018). Ainda que seja uma estratégia a fim de facilitar a inclusão de tratamentos e cirurgias para redução de peso nas políticas públicas de saúde (KOLATA, 1985), essa perspectiva de medicamentar a obesidade também pode recair em estigmatização ao caracterizar e penalizar os indivíduos acima do peso como “biologicamente inferiores”. Além disso, o diagnóstico de obesidade muitas vezes associa peso com doença de forma determinista. Ainda que haja uma correlação causal entre o aumento de peso e o aumento da probabilidade de doenças crônicas, tal associação não é o único fator que irá influenciar a saúde do indivíduo, já que, como dito anteriormente, tais doenças são multifatoriais.

A obesidade como epidemia expande a obesidade para uma compreensão sociopolítica, ao incluir o papel governamental na saúde pública. Essa perspectiva caracteriza a obesidade como “socialmente contagiosa”, *i.e.* nossos hábitos, para o bem ou para o mal, são diretamente influenciados pela sociedade (FUMENTO, 1997). Assim como as duas abordagens anteriores, essa também pode recair na estigmatização. Um exemplo disso é a defesa de Callahan (2013) da estigmatização de pessoas acima do peso como método de saúde pública, com o argumento de que tal estratégia tenha sido bem-sucedida no combate ao tabagismo há décadas atrás, fazendo com que os fumantes repensassem seus hábitos.

É importante notar que o termo “epidêmico”, originalmente utilizado para se referir ao início rápido e episódico de doenças infecciosas (ROSENBERG, 1992), atualmente é utilizada como metáfora, emocionalmente carregada, para se referir a uma crescente prevalência de uma série de males sociais. Dessa forma, o sentido literal e metafórico da palavra se misturam em seu uso coloquial, dificultando a distinção em seu

uso – principalmente no caso da obesidade. Historicamente, declarar uma doença como epidêmica cria um senso de urgência que, tal como declarar uma guerra, justifica a revogação de direitos básicos de liberdade civil. Portanto, enquadrar a obesidade como epidêmica pode dar oportunidades de estigmatizar e enfraquecer os direitos de pessoas acima do peso. Além disso, a confusão entre o significado de epidemia pode gerar “pânico moral” (COHEN, 2011) relacionado ao peso, causando distúrbios psicossociais, como anorexia e bulimia, motivados por uma cultura de repulsa ao peso propagada pela indústria da moda, pela mídia, etc.

Por último, a perspectiva da obesidade como diversidade corporal é baseada nas tradições de reivindicações de direitos e antidiscriminação. Ao afirmar que o excesso de peso e a obesidade são formas de diversidade corporal, os proponentes dessa visão comumente comparam essas condições a outras formas imutáveis de identidade, como raça, gênero ou deficiência. Dessa forma, assume-se que o peso de um indivíduo está fora de seu controle pessoal e, portanto, aumentar a preocupação com os riscos à saúde associados à obesidade possui pouca função corretiva.

Tal perspectiva se diferencia das demais através da ideia de aceitação e valorização social (JAGER et al., 2017). Levando-se em conta a ampla variedade biológica de pesos “normais” e compreendendo que as definições oficiais de sobrepeso e obesidade são determinações estatísticas populacionais, e não individuais, todos possuem uma variação de peso normal, o qual é influenciado pelo próprio desenvolvimento. Ao não abordar a obesidade como doença, compreende-se que é possível estar saudável em todas as faixas de peso. Dessa forma, é enfatizada saúde ao invés de peso corporal.

Perspectivas diferentes implicam não apenas maneiras diferentes de entender os problemas sociais, mas também diferentes cursos de ação para prevenção e tratamento da obesidade. No caso do peso corporal, enquadrar a obesidade como um sinal de diversidade corporal sugere que é necessário investir em respeito à diversidade, maior tolerância social e menos discriminação com base no peso dos indivíduos. Em contraste, enquadrar a obesidade como um risco de saúde evitável ou uma doença em si sugere que é necessário menos tolerância e mais vigilância pública. Enquanto o quadro de diversidade corporal se baseia nas tradições de antidiscriminação e direitos civis, o quadro de risco à saúde baseia-se em padrões bem estabelecidos de intervenções de saúde pública contra comportamentos como o tabagismo.

Entretanto, ainda que a perspectiva de diversidade corporal apresente abordagens importantes quanto à aceitação e tolerância, não se pode deixar de reconhecer a correlação

causal entre o excesso de peso e doenças crônicas. Dessa forma, mais que escolher uma das perspectivas para sustentar medidas de prevenção e tratamento da obesidade, devemos reconhecer as qualidades e limitações de cada uma, dialogando-as entre si, para auxiliar a desenvolver formas mais eficazes de abordar a obesidade, considerando tanto os aspectos da saúde, quanto os aspectos sociais, econômicos, políticos e, principalmente, emocionais, envolvidos.

O discurso da epigenética, ao priorizar culpabilização e marginalização materna (RICHARDSON et al., 2014) e enfatizar responsabilidade individual à social e política (KENNEY; MÜLLER, 2016), costuma recair, principalmente, na perspectiva de obesidade como comportamento de risco. As explicações epigenéticas da obesidade podem também incorrer na perspectiva da obesidade como epidemia, quando abordadas no campo da epidemiologia, sendo incluídas na proposição de tratamentos e prevenções (NICULESCU, 2011; VAN DIJK et al., 2015). Essas duas perspectivas são consideradas as mais frequentes no discurso da epigenética sobre obesidade. A perspectiva da obesidade como diversidade corporal é praticamente ausente, principalmente devido às abordagens urgentes de saúde pública envolvendo a prevenção e tratamento da obesidade.

2.3.3 Moralidade no discurso da obesidade

Além de mapear essas quatro perspectivas, Saguy e Riley (2005) exploram as noções de moralidade por trás da controvérsia envolvendo a obesidade, demonstrando como argumentos médicos sobre peso corporal podem ser utilizados para restringir direitos e justificar pânico moral. As autoras investigam o debate contemporâneo sobre obesidade a partir da interação entre dois grupos, caracterizados tanto pelo posicionamento de pesquisadores, quanto de ativistas: o grupo antiobesidade (*anti-obesity group*) e o grupo pela aceitação de obesos (*fat acceptance group*). Esses grupos estão fundamentalmente engajados na elaboração de disputas sobre a natureza e as consequências do excesso de peso corporal.

Os ativistas e pesquisadores de aceitação do peso corporal adotam uma perspectiva de diversidade corporal, apresentando o excesso de peso como uma forma natural e amplamente inevitável de diversidade. Tal grupo afirma que as pessoas devem se preocupar mais com discriminação de peso, do que a dita epidemia da obesidade, já que muitos dos efeitos negativos associados à obesidade são, na verdade, causados por má nutrição e sedentarismo (GAESSER, 2002). Métodos perigosos de perda de peso, obsessão com o corpo e saúde pública inadequada para pessoas acima do peso são

problemas sociais que, de acordo esse grupo, deviam ser prioridade para a saúde pública. Dessa forma, busca-se considerar os impactos psicossociais da obesidade a fim de evitar a estigmatização e marginalização no indivíduo (PUHL; BROWNELL, 2003).

Já os envolvidos em uma perspectiva antiobesidade, entretanto, afirmam que não é possível separar completamente os efeitos adversos de hábitos pouco saudáveis e a obesidade. Para eles, independente se a obesidade é apenas um indicador de hábitos pouco saudáveis, ela é, ainda, a única forma disponível de medição para desenvolver estratégias para sua prevenção e tratamento. Tal grupo avalia o peso corporal, principalmente, através da perspectiva de comportamentos de risco. Dessa forma, implica que o peso corporal está sob controle pessoal e que as pessoas têm responsabilidade moral e médica em administrar seu próprio peso.

Ainda que o posicionamento midiático, político e científico seja dominado, muitas vezes, pelo discurso antiobesidade, os argumentos de aceitação de peso corporal vêm alcançando espaços no discurso público sobre a obesidade, influenciando práticas médicas e científicas (SAGUY; RILEY, 2005). Como exemplo, a discriminação foi incluída como um dos perigos da obesidade na maioria das revisões atuais e declarações de consenso sobre o assunto (POMERANZ; PUHL, 2013).

Da mesma forma, esses grupos não se caracterizam por uma dicotomia, já que é possível reconhecer os benefícios e limitações de cada um para desenvolver posicionamentos mais bem informados sobre a obesidade. Condizente com a análise anterior, sobre as perspectivas da obesidade, os pesquisadores envolvidos na epigenética da obesidade se encontram, majoritariamente, mais próximo do grupo antiobesidade, ainda que muitos reconheçam a importância de considerar a diversidade corporal dos indivíduos de modo a não gerar discriminação (CARRYER; PENNY, 2008).

Concluindo, o que se pode supor ser estritamente argumentos de discussões científicas em torno de dados empíricos e modelos explicativos são, na verdade, disputas impetuosas sobre moralidade. Essas disputas ocorrem tanto em campo científico, quanto social, e seus discursos podem alterar a cultura vigente, possuindo grande potencial para implicações relacionadas à justiça social (SAGUY; RILEY, 2005). Dessa forma, tais discursos interagem intimamente com o desenvolvimento e aplicação de medidas e estratégias de prevenção e tratamento da obesidade, influenciando seu potencial para garantir inclusão e equidade, ou perpetuando opressão e marginalização de indivíduos.

2.4 A PREVENÇÃO E TRATAMENTO DA OBESIDADE ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM CTSA

O aumento da taxa de obesidade no país e no mundo é vinculado a diversos fatores que vão muito além das decisões pessoais, como desigualdade social, acesso a alimentos saudáveis, lobby da indústria alimentícia e sua influência na política, etc. (MCLAREN, 2007; WELLS, 2012). Por isso, para compreender tal fenômeno e desenvolver políticas públicas eficazes de prevenção e tratamento, é imperativo relacionar as causas sociais, culturais, econômicas, políticas e éticas que o influencia. A limitação às causas pessoais da obesidade não apenas traz uma interpretação incompleta sobre o problema, mas falha em desenvolver medidas eficazes de prevenção e tratamento, além de culpabilizar os indivíduos acima do peso, gerando impactos psicológicos, tais como frustração, depressão e distúrbios psíquicos (CARPENTER et al., 2000).

Dessa forma, é importante compreender a questão da obesidade através de uma perspectiva envolvendo as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), de forma a considerar os valores e interesses envolvidos no tema (CONRADO; EL-HANI, 2010). Considerando que a ciência não é uma atividade neutra e que seu desenvolvimento está diretamente imbricado com os aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais, a abordagem CTSA nos auxilia a compreender o papel dos discursos e práticas da ciência em problemas socioambientais de forma mais crítica (GIL-PÉREZ et al., 2001).

Nesta sessão, iremos desenvolver o argumento de que as decisões acerca das políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade apresentam todos os requisitos que uma QSC deve apresentar para se constituir como uma estratégia pedagógica com potencial para alcançar o letramento científico crítico no contexto do ensino de genética na formação de professores de Biologia. As razões para a construção do argumento são, em resumo: o envolvimento de relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA); a importância do conhecimento, discursos e práticas das ciências biomédicas para sua resolução; o exame de aspectos políticos e econômicos das relações entre a sociedade, o poder público e o setor privado para compreender o tema de forma integral; e, por fim, a consideração de aspectos éticos na tomada de decisão.

2.4.1 Desigualdades socioeconômicas e estratégias lobistas da indústria alimentícia

Tal como a fome, a obesidade é consequência do impacto do modelo econômico capitalista na agricultura e no sistema alimentício mundial (ALBRITTON, 2009). A distribuição desigual de alimentos no mundo e a produção de produtos alimentícios de baixo valor nutricional – e, portanto, baixo custo – são as principais causas envolvidas na produção da desigualdade no consumo de alimentos (NESTLE, 2013). Devido ao fato de alimentos calóricos com baixo valor nutricional serem mais baratos que alimentos nutritivos como vegetais e frutas, a desigualdade socioeconômica contribui como um fator expressivo para a distribuição de obesidade no mundo (LORING; ROBERTSON, 2014). Nesse caso, apenas uma pequena parcela da população possui o privilégio de ter acesso a uma grande diversidade de alimentos saudáveis, enquanto, para a maioria, há uma disponibilidade limitada – quando há.

A desigualdade socioeconômica também se reflete em uma segregação territorial, *i.e.* em uma distribuição desigual de alimentos saudáveis por região. Assim, as áreas geográficas são determinadas socioeconomicamente, institucionalizando a desigualdade na distribuição de alimentos saudáveis entre regiões, limitando o acesso a esses produtos para a população de baixa renda. Criam-se, portanto, os chamados “desertos alimentares”, em que áreas urbanas ou rurais menos favorecidas não possuem estabelecimentos que vendam alimentos de valor nutricional relevante ou saudáveis (COSTA; CIPOLLA, 2016). A consequência disso é, por exemplo, um aumento na taxa de obesidade de forma mais expressiva entre grupos socioeconômicos menos favorecidos e, particularmente, minorias étnicas³⁸.

Potencializados pelo processo de globalização e pelas altas jornadas de trabalho no mundo atual, novos hábitos de produção e consumo vêm reduzindo a importância da alimentação saudável e priorizando produtos industrializados de baixo custo e fácil manuseio. Essa tendência de industrialização de alimentos, iniciada no século passado com a produção de alimentos de rápido preparo para soldados na Primeira Guerra Mundial, chegou ao seu ápice com o estabelecimento das redes de *fast-food* e os alimentos ultraprocessados ricos em gorduras, sódio, açúcares, aditivos químicos, conservantes, emulsificantes – e pobres em fibras e outros nutrientes. Atualmente, tais alimentos fazem parte da cultura mundial, associados a imensos lucros de grandes monopólios, que

³⁸ Fonte: ‘Overweight And Obesity - BMI Statistics – Statistics Explained’. Eurostat, 2016. Acesso em: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Overweight_and_obesity_-_BMI_statistics

investem tanto em perpetuar o consumo através de propaganda e *marketing*, quanto em impedir que medidas sociopolíticas venham a limitar seu campo de atuação através de lobismo e financiamento de tomadores de decisões.

Pode-se perceber, portanto, que, a economia capitalista globalizada, enquanto acelera sua produção visando lucro, contribui pouco para o avanço do bem-estar humano. A principal razão disso, segundo Albritton (2009), é que a orientação capitalista voltada para o lucro rápido não pode lidar efetivamente com muitos dos problemas que enfrentamos atualmente no mundo. De acordo com esse autor, o capitalismo nunca gerenciou efetivamente a provisão igualitária de alimentos, pois, ao visar excepcionalmente o lucro, negligencia a qualidade de vida populacional. Ainda assim, embora o capitalismo nunca tenha efetivamente avançado a justiça distributiva, chegamos a um ponto da história em que a desigualdade alcançou proporções muito preocupantes (ALBRITTON, 2009).

Como dito anteriormente, devido ao fato da obesidade estar relacionada a diversas doenças crônicas, influenciando a taxa de morbidade e mortalidade da população, ela é tratada como um problema de saúde pública (MARTINS, 2018). Definida pela OMS como a “arte e a ciência de prevenir doenças, prolongar a vida e promover a saúde através dos esforços organizados da sociedade” (ACHESON, 1988), a saúde pública é investimento social fundamental para garantir acesso igualitário à saúde para toda a população. Entretanto, a crescente tensão entre capitalismo e democracia em escala mundial tem trazido consequências diretas sobre o acesso a oportunidades, gerando mais desigualdade socioeconômica no mundo (COSTA; SOUTO; RIZZOTTO, 2017).

Por ser uma necessidade básica humana, a indústria alimentícia detém grande riqueza e, portanto, poder. Atualmente, toda essa indústria se tornou um oligopólio de uma dezena de grandes corporações que, não apenas controlam a competição do mercado, como também as próprias leis governamentais relacionadas à alimentação e saúde pública (SEVEROVÁ et al., 2011). Através de sua influência no poder político, as indústrias alimentícias asseguram seus interesses visando lucro, muitas vezes acima da saúde do consumidor (BROWNELL; HORGAN, 2004; NESTLE, 2013). Como resultado, em vez de promover a democracia através do debate e participação pública nas decisões políticas, o governo está sendo progressivamente pressionado e comandado pelas elites corporativas.

A indústria alimentícia esteve envolvida em diversos casos de lobismo relacionados à questões de saúde pública, tais como no desenvolvimento da pirâmide

alimentar pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (NESTLE, 1993), no estabelecimento de uma sugestão de quantidade de consumo diário de açúcar (NESTLE, 2013), em programas de proteção à cárie (KEARNS; GLANTZ; SCHMIDT, 2015), etc. Todos esses casos apontam para o conflito existente entre responsabilidade governamental de promover saúde e os interesses das indústrias alimentícias.

O lobismo pode ser caracterizado como "toda atividade organizada por um grupo de interesses definidos e legítimos, com o objetivo de ser ouvido pelo poder público para informá-lo e dele obter determinadas medidas, decisões, atitudes" (FARHAT, 2007). Devido à sua importância em providenciar pesquisas técnicas de modo aos governantes e a população poderem se orientar sobre legislação, regulação e educação, o lobismo possui grande potencial como instrumento democrático de representação de interesses (MANCUSO; GOZETTO, 2011).

Entretanto, ao representar os interesses de um grupo específico diante de membros do poder público, a prática de lobismo pode também ser utilizada contra o interesse da população – e, portanto, da própria democracia –, já que os interesses das corporações, muitas vezes, são opostos aos interesses envolvidos em questões socioambientais. Somado a isso, o poder crescente das grandes corporações no mundo capitalista globalizado traz como consequência um desequilíbrio de influência política, em que o interesse da própria população é sobrepujado aos interesses capitalistas das corporações. Estratégias envolvendo contribuições de campanhas políticas, assédio a críticos, incentivo a ações judiciais, etc. são tão bem-sucedidas, que já fazem parte da estrutura governamental de diversos países (NESTLE, 2013).

Dessa forma, pode-se perceber que as questões legais e éticas do lobismo são diversas, possuindo um potencial ambivalente para o funcionamento do estado democrático. Em muitos países, tais como o Brasil, a prática de lobismo não está regulamentada, permitindo que corporações tenham favorecimento de interesses no governo com base em ameaças ou ofertas de recompensas ilegais, resultando em crimes contra a administração pública (*e.g.* corrupção ativa e passiva, tráfico de influência, fraude de concorrências) (MANCUSO; GOZETTO, 2011). Para que tais medidas sejam criminalizadas e o lobismo possa trazer benefícios à sociedade, Mancuso e Gozetto (2011) defendem a regulamentação da prática no país.

Não obstante sua importância, Mancuso e Gozetto (2011) reconhecem que, mesmo funcionando de forma legalizada, o lobismo pode continuar dando margem a problemas em relação ao princípio democrático da igualdade política. A desigualdade

entre os lobismos atuantes, por exemplo, é relacionada ao fato de diferentes segmentos sociais não possuírem a mesma organização ou recursos financeiros para alcançar a influência política. Sendo assim, os segmentos sociais mais bem financiados têm melhores condições de formar lobismos influentes em defesa de seus interesses. A consequência desse problema gera um outro de igual importância: a concessão de privilégios injustificáveis a interesses determinados. Dessa forma, tais interesses são majoritariamente priorizados, potencializando as desigualdades existentes e ameaçando o interesse público (MANCUSO; GOZETTO, 2011).

Ainda que os autores defendam que a regulamentação do lobismo possa trazer avanços significativos para a vida política brasileira, Mancuso e Gozetto (2011) omitem uma análise mais aprofundada sobre os próprios interesses em relação à regulamentação do lobismo. A obrigação de cadastramento de lobistas, transparência, prestação de contas e limitação à atuação em cenários e com estratégias legais e ética, não interessa às grandes corporações, já que estas já possuem uma grande estrutura complexa de manipulação e poder para garantir seus interesses no poder político. Portanto, reconhecendo que sua influência provém, em grande parte, da falta de regulamentação, leis e decretos que proponham limitar a agência dos lobistas nas decisões governamentais dificilmente terão apoio de grandes corporações – e, por consequência, apoio parlamentar.

Atualmente, devido ao avanço do neoliberalismo nas principais potências mundiais, a divisão entre setores públicos e privados se tornam mais permeáveis, aumentando a influência das atividades lobistas e as relações públicas de grandes empresas nas decisões governamentais (MILLER; HARKINS, 2010). Essa “corrupção institucionalizada” já foi descrita como “política orientada para o mercado” (LEYS, 2001) e “pós-democracia” (CROUCH, 2004), já que os lobistas não são eleitos democraticamente e possuem um enorme poder sobre as decisões governamentais. Mantendo uma rede complexa de influências, as grandes corporações asseguram seus interesses não apenas na arena política, mas também na científica, na sociedade civil e na mídia, cada uma garantindo espaços que, unidos, mantêm uma estrutura de manipulação que contempla toda a sociedade (MILLER; HARKINS, 2010).

Miller e Harkins (2010) examinam três estratégias principais para o lobismo influenciar as decisões políticas. Primeiramente, a manipulação da arena científica é um dos principais artifícios utilizados pelas corporações para confundir e (des)informar a população. Utilizando o que McGarrity e Wagner (2008) denominaram “ferramentas de dobrar a ciência”, as corporações moldam, escondem, atacam, assediam e distorcem,

abrangendo todo o processo científico. Através de financiamento em pesquisas de saúde, a indústria alimentícia consegue construir relações públicas e enviesar o campo de pesquisa para seus próprios interesses. De acordo com uma investigação da *PLoS Journal*, pesquisas financiadas pela indústria alimentícia são cinco vezes mais prováveis em não identificar correlações entre refrigerantes adoçados e obesidade (BES-RASTROLLO et al., 2013).

A partir da segunda metade do século XX, por exemplo, a indústria do açúcar financiou pesquisas associando doenças cardiovasculares ao consumo de gordura, a fim de desviar a atenção do consumo de açúcar (KEARNS; SCHMIDT; GLANTZ, 2016). Através de ataques e interferências no financiamento de pesquisas e publicações de pesquisadores envolvidos com teorias de que o açúcar seria o principal causador de obesidade, grandes corporações conseguiram marginalizá-los, levando décadas para que os efeitos negativos do açúcar fossem reconsiderados na comunidade científica. Cabe ressaltar que, ao longo das décadas em que tal associação foi silenciada, a obesidade e a diabetes alcançaram proporções epidêmicas em diversas partes do mundo (AINGER; KLEIN, 2016)³⁹.

A segunda ferramenta utilizada pelas corporações, de acordo com Miller e Harkins (2010), é a de capturar a sociedade civil, através de ONGs, movimentos sociais, associações empresariais, e outros grupos que não estejam sob controle do estado ou do mercado. A criação de organizações que afirmam ser independentes, mas que, na verdade, são controladas por corporações, é uma prática comum para manipular a opinião popular.

A organização de caridade americana *The Obesity Awareness and Solutions Trust (TOAST)*, por exemplo, enquanto afirmava ser “completamente autônoma, operando em uma base imparcial, livre de controle externo”⁴⁰, era majoritariamente financiada pela companhia de dieta *LighterLife*, especializada em programas radicais de perda de peso e uso de drogas de emagrecimento. Após ser financiada dois anos seguidos pelo governo inglês, adquirindo milhares de libras dos contribuintes e ganhando acesso a políticos

³⁹ Uma das formas de controlar a influência de relações financeiras, comerciais, legais ou profissionais, é a obrigação dos autores em declarar se há conflito de interesses na pesquisa realizada. Sendo a ciência uma empreitada sociocultural humana, o compartilhamento de conhecimento de forma transparente é essencial para a confiabilidade do conhecimento científico, além de garantir uma utilização prática desse conhecimento de forma mais segura e eficaz. Entretanto, tal prática ainda se encontra longe do ideal para evitar a influência das indústrias nas pesquisas biomédicas (DUNN et al., 2016).

⁴⁰ <http://web.archive.org/web/20050701014744/www.toast-uk.org/index.php>. Acesso em 14 de abril de 2019.

importantes, a *TOAST* anunciou o encerramento de suas atividades após sua associação com a *LighterLife* vir à tona. Dessa forma, a *TOAST* funcionava como uma organização de fachada para uma companhia de dieta altamente lucrativa, ao ponto de, em 2001, possuírem as mesmas pessoas no cargo de direção (MILLER; HARKINS, 2010). Essas estratégias demonstram como as corporações podem agir, explorando e extraíndo lucro para seu próprio interesse.

A indústria alimentícia também costuma criar a ilusão de que estão preocupados com a saúde do consumidor, ao associar seus produtos a marcas, programas e eventos de esporte e exercício físico. Contrariando o consenso científico, que afirma que a dieta contribui de maneira muito mais decisiva na perda de peso se comparado à prática de exercícios físicos (MILLER; KOCEJA; HAMILTON, 1997; ROSS et al., 2000), essa estratégia busca proteger a indústria de intervenções governamentais que realmente podem auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade, tais como taxar produtos com adição de açúcar e banir anúncio de *junk food*. Isso ocorre porque o investimento em criar propaganda associando as empresas a uma preocupação com a saúde é mais econômico do que o custo gerado pelas estratégias realmente eficazes de prevenção e tratamento da obesidade.

A terceira ferramenta, a manipulação da mídia, providencia oportunidades importantes para enviesar a opinião popular e atacar críticos (MILLER; HARKINS, 2010). Devido à importância da mídia em comunicar e moldar a opinião pública, é possível mobilizar a população a favor ou contra determinadas opiniões a fim de favorecer quem quer que a financie. No caso da obesidade, temos como exemplo desse tipo de atividade a organização *Social Issues Research Center* (SIRC) que, enquanto se proclama independente e sem fins lucrativos, age como uma agência de relações públicas para corporações como Coca-Cola e Diageo⁴¹. Participando na comunicação científica na mídia e assessorando o governo inglês em questões de Ciência e Saúde, a SIRC promoveu ceticismo aos riscos de saúde envolvendo obesidade e consumo de álcool. Além disso, ao compartilhar os mesmos diretores, a SIRC funciona como um laboratório de ideias (*think tank*) de uma companhia de pesquisa de mercado, especializada em mascarar relações públicas de empresas de forma a enganar o público (MILLER; HARKINS, 2010).

⁴¹ Empresa britânica de bebidas e maior fabricante de bebidas destiladas no mundo, respectivamente.

Atualmente, a internet é utilizada como um recurso importante em campanhas de lobismo, alcançando um público maior, de forma mais eficaz e mais barata. Pioneira no novo conceito de “*journ-loobbying*” (CONFESSORE, 2003), o site TCS Daily, comandada por uma grande empresa de lobismo republicana e financiada por corporações como McDonald’s e Coca-Cola, publicou diariamente comentários e análises sobre diversos temas entre o ano de 2000 e 2006. Entre as diversas publicações defendendo os interesses das corporações financiadoras, a TCS Daily lançou ataques e fortes críticas ao escritor Eric Schlosser, autor do livro *Fast Food Nation*, que responsabilizava a indústria alimentícia pelo aumento da taxa de obesidade infantil no mundo (HELMORE, 2006). Com o avanço das redes sociais e conteúdo produzido pelos próprios usuários e, principalmente, com a personalização de conteúdos via algoritmos, a linha tênue entre jornalismo e lobismo ameaça cada vez mais a democracia ao manipular a opinião pública através de dados pessoais de usuários (BERGHEL, 2018).

Essas três estratégias têm em comum um projeto mais amplo de manipular a arena política: o envolvimento com a ciência destina-se a utilizá-la como recurso na política; os meios de comunicação protegem e levam adiante determinados interesses; enquanto a manipulação da sociedade civil garante a ausência de grupos de oposição, como ativistas e sindicatos (MILLER; HARKINS, 2010). Cabe notar que, além dessas estratégias, o lobismo da indústria alimentícia possui diversas outras estratégias para atingir seus interesses, tais como influenciar o próprio poder judiciário ou o sistema educacional (NESTLE, 2013). Pode-se perceber, portanto, que as diversas estratégias de lobismo buscam preencher todas as lacunas para manipulação da sociedade política e civil baseado em seus próprios interesses corporativos, comprometendo o estado democrático de direito.

A indústria do tabaco é um caso emblemático que fornece um modelo, não apenas para compreender como grandes corporações agem quando o governo e a sociedade buscam restringi-las devido a danos que produzem na sociedade, mas também quais medidas podem ser utilizadas para combatê-la. Assim como a indústria alimentícia atualmente, o poder e habilidade das corporações de tabaco dos EUA conseguiram comprometer o judiciário, o Congresso, a mídia e até mesmo a ciência, através de inúmeras estratégias relacionadas ao lobismo, a fim de assegurar o domínio do mercado e aumentar o lucro com a venda de cigarros. Diversos autores apontam para a necessidade de se inspirar nas medidas políticas desenvolvidas para o combate à indústria tabagista de

forma a superar o problema da obesidade no mundo (NESTLE, 2013; BROWNELL; HORGAN, 2004; ALBRITTON, 2009).

Pode-se citar como medidas eficazes para o controle da indústria tabagista: a imposição da transparência em qualquer interação da indústria com tomadores de decisões, em relação aos gastos e aos financiamentos do lobismo; a fiscalização rigorosa de conflito de interesses em estudos científicos e decisões legislativas; a exclusão da influência da indústria nas decisões governamentais relacionadas às consequências que a mesma causa na sociedade; e o desenvolvimento de leis para seu combate, como tributação dos produtos, proibição de propagandas, rotulagem divulgando os malefícios de seu consumo, etc. (GIVEL, 2006).

Todavia, o caso da indústria alimentícia difere do caso do tabaco por ser uma necessidade básica humana, dificultando o controle de políticas públicas ao consumo. Além disso, a questão do peso, diferente da prática de fumo, não é apenas uma decisão pessoal, sendo produto de uma diversidade corporal, que, em determinado nível, pode estar fora do controle do indivíduo. Dessa forma, ainda que a marginalização do tabagismo tenha sido, de certa forma, eficaz (CALLAHAN, 2013), o mesmo não pode ser utilizado para pessoas acima do peso por questões éticas (SAGUY; RILEY, 2005).

Por fim, além dos fatores sociais, políticos e econômicos já citados, podemos citar também destrutivos impactos ambientais gerados pelo modo de produção de alimentos atual. Do cultivo, processamento e transporte de alimentos, à venda e serviço de alimentos e, finalmente, ao armazenamento e uso doméstico, alimentar uma nação inevitavelmente prejudica nossos recursos ambientais na forma de uso de energia, água e emissões de gases de efeito estufa. Ao priorizar recursos não-renováveis, monocultura e queima de produtos para regular o preço do produto no mercado, o sistema agropecuário vigente cria uma forma insustentável de produção, tanto do ponto de vista social, quanto ambiental (SQUALLI, 2017).

Dessa forma, há uma correlação não causal entre taxa de obesidade e impactos ambientais por serem dois problemas igualmente originados pela indústria alimentícia. A desigualdade social criada pelo sistema atual de agropecuária, portanto, gera, além da obesidade, fome, contaminação por agrotóxicos, extinção de espécies, desmatamento, queimadas, contaminação de solo e rios, lixiviação e empobrecimento do solo, aquecimento global, etc. É imperativo um modelo de produção e distribuição de alimentos que se baseie em princípios de justiça socioambiental, de forma a todos terem acesso a alimentos de boa qualidade e em quantidade suficiente, respeitando os processos

ecológicos do ambiente e considerando a necessidade das gerações futuras (ALTIERI, 2018).

A história da prevenção e tratamento da obesidade no Brasil e no mundo, ao não considerar todos esses aspectos e as relações entre eles, fracassou em propor medidas eficazes para resolução do problema. Para que se desenvolva estratégias bem-sucedidas de prevenção e tratamento da obesidade, ao invés de focar em responsabilização individual ou sugestão de dieta e exercício, deve-se focar na base e nas consequências estruturais do problema. Ao analisar as relações CTSA envolvidas, podemos visualizar com mais nitidez os agentes envolvidos, bem como as resistências que dificultam a resolução do problema da obesidade no mundo. Ainda assim, diversas medidas importantes já foram propostas na direção de regular o avanço da indústria do açúcar e, conseqüentemente, a taxa de obesidade.

Uma primeira medida importante a ser mencionada é a tributação de produtos adoçados artificialmente. A OMS (2017) considera a tributação de refrigerante adoçadas como a estratégia mais efetiva, juntamente com subsidiar frutas e vegetais, para melhorar a dieta da população. Por isso, também é a medida que a indústria do açúcar mais resiste através de lobismo e meios jurídicos. Utilizando argumentos baseados nos ideais do livre mercado e da não intervenção governamental, grandes empresas como Coca-Cola buscam ações legais para defender seus interesses contra o Estado. Em 2001, por exemplo, o governo do México começou a taxar refrigerantes que continham adição de açúcar. A consequência de tal decisão foi de pelo menos três empresas estadunidenses processarem o Estado do México, ganhando, juntamente, quase 200 milhões de dólares. Foi apenas com a ajuda financeira de empresas filantrópicas envolvidas com saúde pública, que o país teve condições de igualar o poder de orçamento contra o lobismo da indústria do açúcar. Fica óbvio, portanto, que a pressão contra a tributação de refrigerantes adoçados dificulta as decisões governamentais, interferindo diretamente na democracia dos países.

Sendo considerado um caso exemplar de medida bem-sucedida, a tributação de cigarros em décadas passadas conseguiu diminuir o seu consumo pela população e, conseqüentemente, diminuiu os custos relacionados à saúde para a sociedade (JHA et al., 2006). Outro benefício da medida foi gerar rendimentos públicos consideráveis que foram utilizados para investir em outras estratégias para o combate ao tabagismo. Da mesma forma, diversos estudos apontam para os benefícios na aplicação da mesma medida para refrigerantes adoçados, tais como redução da obesidade e rendimentos bilionários aos cofres públicos – os quais podem ser usados para financiar programas ainda mais eficazes

na prevenção e tratamento da obesidade (POWELL; CHALOUPIKA, 2009; SMITH, 2010).

Outras estratégias comumente citadas para controlar a indústria do açúcar são a rotulagem de alimentos (*i.e.* informar o consumidor sobre o produto) e alegações de saúde (*i.e.* descrever a relação entre substâncias alimentícias e o risco de saúde envolvido em seu consumo). Ambas as iniciativas têm o potencial de auxiliar o consumidor a fazer uma escolha saudável ao comprar e consumir um alimento. Entretanto, tais medidas costumam ser progressivamente corrompidas pela pressão da indústria alimentícia.

No caso da rotulagem dos alimentos, por exemplo, um grande movimento do lobbismo da indústria alimentícia garantiu que a União Europeia não adotasse a rotulagem de Semáforo Nutricional. Tal proposta visava indicar no alimento, através da rotulagem das cores de vermelho, laranja e verde (do menos saudável ao mais saudável), a recomendação de consumo por especialistas em saúde. Por ser de fácil visualização, tal medida auxilia os consumidores a relacionarem o quão saudáveis são os alimentos que estão comprando. Entretanto, a indústria pressionou o governo para a manutenção da rotulagem tradicional, em que a tabela informativa relativa aos nutrientes e energia são dispostos em quantidade e porcentagem de valor diário (%VD), dificultando o consumidor em interpretar se o alimento é saudável para o consumo (AINGER; KLEIN, 2016).

Inspirado em medidas governamentais contra a indústria tabagista, a rotulagem de refrigerantes com avisos de sua associação prejudicial à saúde é outra sugestão cada vez mais discutida (CAPEWELL, 2014). Levando-se em conta que tal medida é obrigatória em outros produtos potencialmente nocivos, a rotulagem de produtos alimentícios que contribuem para a obesidade pode auxiliar na classificação cultural de tais elementos como prejudiciais à saúde. Enquanto os governos lutam contra as pressões da indústria alimentícia para aprovar a lei, pesquisas iniciais já apontam para uma redução no consumo na aplicação da medida em testes-piloto (DONNELLY et al., 2018). Acredita-se que, somado a outras medidas complementares e eficazes, como tributação de refrigerantes e proibição de propaganda para o público infantil, rotular tais alimentos como nocivos pode auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade (CAPEWELL, 2014).

Dentre todas as estratégias, a única a ser aceita, em certa medida, pela indústria alimentícia é a reformulação voluntária de produtos (AINGER; KLEIN, 2016). A reformulação refere-se à redução ou remoção de açúcares adicionados nos produtos

processados através de alteração de receitas e inclusão de outros agentes adoçantes. Entretanto, devido às características específicas do açúcar relacionadas ao gosto, textura, e conservação do produto, a indústria resiste à sua substituição nas receitas dos alimentos. Portanto, a condição de ser uma medida voluntária acaba, de acordo com diversos críticos, fadada ao fracasso, já que os produtos adoçados são os que possuem maior lucro no mercado, gerando ceticismo em relação a mudanças na indústria (AINGER; KLEIN, 2016).

A obesidade no Brasil já atinge quase 20% da população, enquanto mais da metade da população se encontra em sobrepeso (BRASIL, 2018). Com o dobro de jovens em obesidade nos últimos 10 anos, o Brasil ainda está muito distante de um planejamento adequado para diminuir a taxa de sobrepeso no país. Estima-se que o Brasil gaste de 100 milhões a 1 bilhão de dólares por ano com custos associados à obesidade, tais como internações hospitalares, consultas e remédios para tratamento das doenças associadas ao excesso de peso (SANTOS, 2007).

Levando-se em conta que, no art. 196 da Constituição de 1988, é instituído que a “saúde é um direito de todos e dever do Estado, garantindo mediante políticas sociais e econômicas que visem à redução do risco de doença e de outros agravos e ao acesso universal e igualitário às ações e serviços para sua promoção, proteção e recuperação” (BRASIL, 1988), as políticas públicas precisam atender às demandas coletivas e não, como é historicamente visto, aos interesses do capital. Para Santos (2007, p. 53), as políticas públicas brasileiras relacionadas à obesidade “necessitam de organização e métodos realmente democráticos, participativos, includentes e reinventados nas práticas cotidianas, de forma a garantir o suporte e a consistência dessas políticas”. Apenas dessa forma as políticas públicas podem se transformar em instrumentos de empoderamento, de processos de subjetivação e de equidade (SANTOS, 2007).

2.4.2 Políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade no Brasil

No Brasil, a obesidade é concebida como “problema de saúde pública” há quatro décadas (SANTOS, 2007). Entretanto, apenas se tornou objeto de políticas públicas nos últimos 15 anos devido ao seu expressivo aumento e às suas associações com doenças crônicas não transmissíveis, sendo o Sistema Único de Saúde (SUS) seu principal proponente de ações. Objetivando combater a fome e a miséria no país, a agenda do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), instituída em 2006, organiza ações implementadas por diferentes ministérios, de forma intersetorial, e com

participação da sociedade civil, abarcando desde produção até o consumo de alimentos (BRASIL, 2010). Ainda que sejam instituições distintas, as ações propostas para a prevenção e tratamento da obesidade exigem uma articulação dentro do SUS (intra-setorial) e entre o conjunto de ministérios que integram o SISAAN (inter-setorial), implicando em desafios políticos e de gestão distintos (SANTOS, 2007). Dias e colaboradores (2017) apontam as políticas de promoção da saúde no âmbito do SUS e do SISAAN como importantes para contribuir para uma maior integração e efetividade do conjunto de medidas de prevenção e controle da obesidade, a fim de superar a baixa resolutividade das medidas individuais.

Referência internacional em proposta de alimentação saudável, o documento da Política Nacional de Promoção da Saúde (PNaPS), ainda que não trate diretamente da obesidade, considera a alimentação adequada e saudável e as práticas corporais e de atividade física como prioritárias, abordando-as em uma perspectiva além das ações individuais. Ao reforçar a promoção da saúde, a segurança alimentar e nutricional, a redução da pobreza, a inclusão social e a garantia do direito humano à alimentação adequada e saudável, a PNaPS abarca aspectos sociais, econômicos, políticos e culturais ao considerar as escolhas individuais. Dessa forma, suas propostas incluem tanto aquelas pautadas no paradigma da epidemiologia, quanto as com abordagem socioambiental, voltadas para a construção de ambientes que favoreçam a saúde do indivíduo (SANTOS, 2007).

Destacando o risco da ingestão de alimentos com elevada densidade energética e altos teores de gorduras, açúcar e sal, o documento também recomenda a redução de alimentos processados e a eliminação dos ultraprocessados da dieta e reconhece a publicidade de alimentos como um dos obstáculos para a alimentação saudável. Além disso, o guia alimentar também propõe medidas destinadas a afetar o “ambiente obesogênico”, realçando a importância de considerar o impacto das formas de produção e distribuição dos alimentos sobre a justiça social e a integridade do ambiente. Essas novas recomendações introduzem um forte elemento de confronto com a indústria de alimentos (DIAS et al., 2017).

Em relação a propostas legislativas para prevenção e tratamento da obesidade no Brasil, nos três níveis de governo (municipal, estadual e federal), podemos citar: implementação de advertência em rótulos de produtos nocivos à saúde; proibição de propaganda durante programação infantil; proibição de promoções e brindes associados à alimentação nociva para crianças; obrigatoriedade de disponibilizar informações

nutricionais em redes de *fast-food*; proibição de alimentos nocivos em cantinas escolares; etc. (FELIPPE; SANTOS, 2004). Portanto, pode-se perceber que predomina uma preocupação em diagnosticar/classificar, recomendar e prescrever a qualidade nutritiva e de saúde dos alimentos, como estratégia para prevenção e tratamento da obesidade. Por outro lado, ainda são escassas as leis preocupadas em garantir os direitos sociais e constitucionais dos cidadãos à saúde (RIGO; SANTOLIN, 2012).

A despeito da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), a regulação da publicidade de alimentos ainda não obteve êxito no Brasil. Apesar da proibição de publicidade abusiva direcionada à criança prevista no Código de Defesa do Consumidor desde 1990 e ao Estatuto da Criança e do Adolescente, a pressão de diversas associações da indústria de alimentos impede que regulações mais gerais sejam aplicadas. Isso ocorre, principalmente, pois tal medida se opõe aos interesses da indústria de produtos processados e ultraprocessados, que possuem grande influência nas decisões políticas brasileiras. A regulamentação permanece como uma sugestão do governo para que as indústrias evitem, voluntariamente, propagandas de alimentos não saudáveis (BRASIL, 2011). Além disso, mesmo quando há legislações para regulação, a grande pressão da indústria dificulta a fiscalização, alegando que os órgãos responsáveis não possuem competência legal para regular a publicidade ou que as regras ferem a liberdade de expressão das empresas (BORTOLETTO, 2015).

Os rótulos dos produtos são as pontes de comunicação entre os consumidores e os produtos, contribuindo para sustentar uma tomada de decisão alimentar mais saudável e adequada ao consumo (ANVISA, 2017). Entretanto, ainda que tenha apresentado significativos avanços nas últimas décadas (FERREIRA; LANFER-MARQUEZ, 2007), a legislação de rotulagem de alimentos no Brasil é considerada muito aquém do padrão de países desenvolvidos (CELESTE, 2001). Câmara e colaboradores (2008) apontam que a legislação existente é dificilmente cumprida e pouco fiscalizada, principalmente para produtos contendo açúcar e produtos transgênicos – ambos envolvidos em pressões da indústria alimentícia para flexibilização da legislação.

Tal como ocorrido internacionalmente, a implementação da Rotulagem de Semáforo Nutricional nos produtos alimentícios encontra grande resistência da indústria, ainda que tenha apoio de mais da metade da população (IBOPE, 2017). A Associação

Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA)⁴² se posiciona contra a mudança da rotulagem alegando que a mesma é “alarmista”, restringe a liberdade do consumidor, e inibe investimentos produtivos – um argumento nitidamente neoliberal e frequentemente utilizado para limitar a influência do Estado na economia. Da mesma forma, a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas (ABIR)⁴³, que possui como associados empresas como a Coca-Cola, Pepsi, Ambev e Nestlé, defende a simplificação da rotulagem e, principalmente, se posiciona contra a rotulagem de Semáforo Nutricional, dissimulando ao propor que seu posicionamento se sustenta em evidências científicas. De acordo com a ABIR, não existem critérios científicos validados sobre quais critérios nutricionais devem ser considerados para definir a rotulagem de Semáforo Nutricional. Entretanto, a definição das cores é baseada no Valor Diário Recomendado (%VDR) dos nutrientes, estabelecidos internacionalmente e analisados pelo Ministério da Saúde e pela ANVISA (BRASIL, 2005). Ao serem consideradas outras normas internacionais, como as da Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS)⁴⁴ e da *Food Standards Agency* (FSA)⁴⁵, é possível promover escolhas alimentares mais saudáveis com amplo embasamento científico (LONGO-SILVA; TOLONI; TADDEI, 2010; FRANÇA, 2016).

Além disso, a ABIR destaca que o único consenso existente no meio científico é que o aumento da obesidade não é decorrente do consumo responsável de produtos considerados de baixo teor nutricional, mas, especialmente, pela redução da prática de atividades físicas e aumento de hábitos que não geram gastos calóricos. Como já citado anteriormente, essa posição contraria o consenso científico, que afirma que a dieta contribui de maneira muito mais decisiva na perda de peso quando comparado à prática de exercícios físicos (MILLER; KOCEJA; HAMILTON, 1997; ROSS et al., 2000).

Ao analisar, através da neurociência, o efeito do Semáforo Nutricional sobre a escolha e o processamento cerebral de alimentos industrializados, Rezende (2017) aponta para o potencial dessa estratégia em promover escolhas mais saudáveis de alimentos e modular a reatividade emocional em relação aos produtos. Entretanto, a autora também

⁴² https://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=372

⁴³ <https://abir.org.br/posicionamentos/rotulagem-estilo-semaforo/>

⁴⁴ Organismo internacional de saúde pública criado em 1902, dedicado a melhorar as condições de saúde dos países das Américas.

⁴⁵ Departamento governamental dependente do Parlamento do Reino Unido, criada em 2000 e responsável pela proteção da saúde pública relacionada com os alimentos.

alerta para a necessidade de investigar os possíveis efeitos negativos de associar a cor verde como um marcador de salubridade, incentivando o consumo de alimentos industrializados insalubres. Dessa forma, ainda que possua certas críticas, o Semáforo Nutricional é uma estratégia promissora para auxiliar a população a visualizar de forma mais adequada se um alimento é saudável e, portanto, uma ferramenta essencial na prevenção e tratamento da obesidade (TEMPLE; FRASER, 2014). Podemos perceber, portanto, que a resistência da indústria em aceitar tal medida está claramente envolvida em interesses que visem o aumento do lucro proporcionado por produtos industrializados.

Tal como no cenário internacional, as medidas políticas de maior aceitação pela indústria alimentícia no Brasil são os acordos voluntários na reformulação das receitas, reduzindo os teores de sal, gorduras e açúcar dos processados (BRASIL, 2011). Como dito anteriormente, tais medidas não são eficazes para a prevenção e tratamento da obesidade, já que o açúcar possui características específicas que resistem à substituição pela indústria (AINGER; KLEIN, 2016). Portanto, ainda que o Brasil possua avanços consideráveis nas políticas públicas relacionadas com a prevenção e tratamento da obesidade, as resoluções que seriam mais eficazes para o problema, tal como em outros países, continuam encontrando grande resistência da indústria alimentícia.

2.4.3 Contribuições da epigenética para políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade visando a justiça socioambiental

Ainda que as legislações e propostas para a prevenção e tratamento da obesidade busquem considerar as diferentes interações que estão relacionadas ao aumento da taxa de obesidade, considerar o campo da epigenética na elaboração de políticas públicas pode trazer uma nova dimensão para resolução do problema. Ao explicar os mecanismos pelos quais os fenômenos socioculturais influenciam os fenômenos biológicos, a epigenética traz um maior poder explicativo para compreender as causas da obesidade de forma a abordar a complexa interação entre o ambiente e o biológico, considerando sua natureza multifatorial. Além disso, a possibilidade de transmitir tais características adquiridas para gerações seguintes – seja através da configuração epigenética durante a gestação, seja através de transmissão de mecanismos epigenéticos pelos gametas – cria novos desafios à prevenção e tratamento da obesidade, apontando a existência de um novo grupo de risco (e, conseqüentemente, um novo grupo vulnerável à estigmatização), além de auxiliar na identificação de momentos para possíveis intervenções e tratamentos da doença (BAKULSKI; FALLIN, 2014).

De acordo com Beauchamp (1976), o campo da saúde pública é fundamentado em uma estrutura ética de justiça social, visando uma equidade que considere a desigualdade social vinculada ao impacto do privilégio, poder e exclusão no acesso à saúde. Entretanto, produtos químicos tóxicos, poluentes atmosféricos, pesticidas e outras exposições prejudiciais não são distribuídos aleatoriamente em toda a sociedade. As exposições estão frequentemente relacionadas com desigualdade social, como pobreza, uso discriminatório da terra e condições de vida e de trabalho precárias. A partir dessa íntima relação entre questões sociais e ambientais, diversos autores propõe uma ampliação da Saúde Pública para uma justiça socioambiental, pautada pela ética, igualdade, democracia e liberdade (HABERMANN; GOUVEIA, 2008; ATAIDE; BORJA, 2017).

O campo da epigenética, ao servir como ponte de ligação dialógica entre o ambiente e o biológico, pode nos fornecer importantes ferramentas para alcançar uma justiça socioambiental. Em um trabalho pioneiro relacionando as implicações éticas da epigenética, Rothstein, Cai e Marchant (2009) apontam para as questões de justiça socioambiental e equidade no acesso à assistência médica, tanto de uma perspectiva individual, quanto transgeracional (*i.e.* obrigação moral de cada geração com seus futuros descendentes em relação à integridade do ambiente). Para que isso ocorra, ao invés de utilizar o campo da epigenética de forma a marginalizar e estigmatizar indivíduos, deve-se priorizar o uso do conhecimento proveniente deste campo para investir em equidade de acesso a bens e serviços; desenvolver ambientes mais adequados para os indivíduos, independente da sua classe ou etnia; identificar grupos de risco; realizar intervenções de forma eficaz para o tratamento de doenças; etc. (ROTHSTEIN; CAI; MARCHANT, 2009).

As discussões sobre o uso da epigenética em propostas de Saúde Pública ainda são incipientes, mas com grande potencial para formular estratégias mais eficazes. Wallack e Thornburg (2016), por exemplo, propõem, através da epigenética, compreender o impacto de questões sociais, econômicas e nutricionais nas mulheres grávidas e nas com interesse em engravidar. Os autores também realçam a importância de investir em estudos envolvendo experiências adversas na infância, saúde materna e infantil, além de considerar determinantes sociais mais amplos, como moradia, justiça racial, sistemas alimentares e desenvolvimento econômico, a fim de melhorar a situação pré-natal e pós-natal das famílias.

Através de um estudo amplo de coorte, Gillman (2005) demonstrou, empiricamente, a importância de intervenções durante a gravidez e infância para prevenir

a futura obesidade de indivíduos. A partir disso, Waterland (2008) aponta a importância de compreender os mecanismos biológicos específicos que ligam a nutrição precoce a doenças posteriores para permitir intervenções nutricionais centradas na primeira infância para alcançar melhorias a longo prazo na saúde humana.

Por fim, reconhecemos que não se pode caracterizar definitivamente um sistema complexo e multifatorial. Mas apontamos que, quanto mais compreendemos os fatores envolvidos na causalidade em modelos, mais poderemos intervir de forma produtiva na realidade. A proposta de inclusão do campo da epigenética na prevenção e tratamento da obesidade, ainda que não esgote suas miríades de influências, pode trazer avanços significativos para o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes – desde que esteja pautada em um modelo visando justiça socioambiental.

2.5 O POTENCIAL DA ‘HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE’ COMO QSC

Dentro de uma perspectiva visando a superação de uma formação focada em conteúdos conceituais, uma educação para o letramento científico crítico explícita e envolve diretamente discussões sobre organização das sociedades, valores, ideologias e relações de opressão, buscando apontar pressupostos ocultos da educação, da ciência e da sociedade, envolvendo, explicitamente, aspectos éticos e políticos (HODSON, 2011; CONRADO, 2017). Dessa forma, uma educação para o letramento científico crítico visa alcançar transformação social, no sentido da construção de uma sociedade mais justa, mais equitativa, e mais ambientalmente sustentável através da formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, capazes de dialogar criticamente e participar ativamente no âmbito sociopolítico (HODSON, 2011; CONRADO, 2017).

A utilização de QSC tem sido considerada como uma estratégia pedagógica eficaz para o alcance do letramento científico crítico em sala de aula (BENCZE; ALSOP, 2014; CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Contextualizado dentro de uma educação que considere as relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Educação CTSA), as QSC podem ser definidas como situações ou problemas complexos e controversos, envolvendo conteúdos interdisciplinares para sua resolução, viabilizando o ensino de, não apenas conhecimentos, mas também habilidades, valores e atitudes (HODSON, 2013; CONRADO, 2013; CONRADO et al., 2016). Nesse contexto, para a resolução das QSCs, é importante que os discentes mobilizem não apenas o conhecimento

científico, mas também conhecimentos relacionados a questões sociais, econômicas, políticas, e, principalmente, éticas (HODSON, 2011).

Dessa forma, o objetivo desse capítulo foi analisar o potencial da QSC de herança epigenética da obesidade em promover o letramento científico crítico em discentes. Através do que foi discutido, podemos relacionar alguns fatores principais do tema aos requisitos básicos que definem uma QSC. Para concluir o capítulo, desenvolveremos esses fatores, apontando sua relevância em uma estrutura pedagógica, a fim de alcançar o letramento científico crítico.

Primeiramente, consideramos essencial contextualizar a definição de sobrepeso e obesidade de acordo com a OMS (2018), a fim de realçar seu *status* como “condição médica”, ao invés de “doença”, devido à sua identificação por um índice, e não por sintomas. Ao abordar os motivos dessa definição, pretende-se apresentar a obesidade como fator de risco para outras doenças, que podem diminuir a expectativa de vida de um indivíduo. Ao dissociar a condição de sobrepeso e obesidade como doença, pode-se alcançar uma interpretação menos preconceituosa e estigmatizante de indivíduos acima do peso.

Em seguida, para contextualizar a importância do tema a ser trabalhado em sala de aula, é importante destacar o aumento da taxa de obesidade e sobrepeso no mundo e, especificamente, no Brasil, além de suas implicações sociais, econômicas e políticas para a saúde pública. Identificar as causas envolvidas, portanto, pode auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade, desenvolvendo tratamentos e estratégias de prevenção mais adequados e eficazes. Dessa forma, o tema pode ser introduzido em torno de sua relevância atual na saúde pública, bem como na urgência de se investigar as causas envolvidas para resoluções mais eficazes.

A partir disso, pode-se abordar o campo da epigenética explicando sua estrutura teórica, seus mecanismos e as possibilidades de herança transgeracional, contextualizando com o tema da obesidade. É importante relacionar o potencial do campo da epigenética para superar as limitações da genética clássica em explicar o aumento na taxa de obesidade no mundo. Dentro desse tema, é possível levantar questões relacionadas ao determinismo genético (BURBANO, 2006) e a interação entre natureza e ambiente (KELLER, 2010) para explicar características multifatoriais como a obesidade, e as implicações em considerar a transmissão de fatores não genéticos para a forma como compreendemos herança biológica. Assim, ao investigar novas interpretações sobre as

causas da obesidade, pode-se refletir sobre a compreensão dos próprios fenômenos biológicos.

Como visto no capítulo, a QSC em questão traz controvérsias evidentes, tanto sobre a forma de abordagem do discurso da obesidade, quanto na culpabilização materna em relação à transmissão epigenética de características. Essas controvérsias realçam os interesses e valores envolvidos no conhecimento científico do campo da epigenética e seu potencial ambivalente para a prevenção e tratamento da obesidade. Se, por um lado, o conhecimento adquirido pela epigenética pode estimular políticas públicas eficazes, por outro lado, pode também ser utilizado para estigmatizar e culpabilizar indivíduos. Levando-se em conta que a ciência não é desprovida de valores e pode contribuir para reproduzir opressões, realçamos que a atividade científica em si deva ser orientada por valores que visem princípios de justiça social, participação democrática e sustentabilidade – *i.e.* uma justiça socioambiental (LACEY; MARICONDA, 2014). Ao considerar esse potencial ambivalente, sugere-se abordar o tema de forma a priorizar tais valores e contribuir para uma perspectiva mais inclusiva e justa social e ambientalmente.

Ao investigar os valores envolvidos nos discursos e posições de artigos científicos e matérias de divulgação científica, podemos perceber uma tendência para uma reprodução de alterização de indivíduos acima do peso, marginalizando-os e culpando-os por suas ações e escolhas (RICHARDSON et al., 2014; KENNEY; MÜLLER, 2016). Essa conclusão traz implicações importantes em como a epigenética está sendo estudada e divulgada, e realça a necessidade de uma abordagem do tema que considere valores associados à justiça socioambiental, a fim de estimular o desenvolvimento de políticas públicas eficazes. A partir dessas controvérsias, é possível utilizar a QSC como estratégia pedagógica a fim de promover uma compreensão mais crítica sobre a ciência, reconhecendo os interesses e valores envolvidos no tema.

Para alcançar uma visão mais crítica sobre a ciência, é importante compreender as relações CTSA presentes na QSC (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). O tema da herança epigenética da obesidade, assim como a prevenção e tratamento da obesidade de forma geral, está envolvida em diversos fatores que vão além do científico, tais como social, cultural, econômico, político, ético, etc. (FIESE et al., 2013). Reconhecer as diversas influências de interesses e valores na QSC é essencial para alcançar um letramento científico crítico e resoluções mais eficazes. Dessa forma, abordar de forma crítica o papel da indústria alimentícia no consumo e nas medidas políticas envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade pode trazer oportunidades pedagógicas de estimular

a discussão do papel da ciência através das relações CTSA e superar um ensino cientificista.

Por fim, para alcançar o letramento científico crítico, a QSC deve ser capaz de estimular os discentes para tomada de decisão e para ações sociopolíticas. A partir da reflexão utilizando os conhecimentos, valores, objetivos e condutas discutidos em sala de aula, os discentes devem ser capazes de tomar decisões socioambientalmente responsáveis. Para analisar o alcance do letramento científico crítico, deve-se visar como objetivo final da intervenção pedagógica o desenvolvimento e a aplicação de uma ação sociopolítica sobre a QSC. A ação sociopolítica pode ser realizada de diversas formas, tais como: organizar grupos de pressão política; realizar iniciativas educativas sobre o tema; participar de iniciativas de voluntariado; propor soluções inovadoras para o problema; e mudança dos próprios comportamentos (HODSON, 2011). O potencial ambivalente da epigenética proporciona uma oportunidade para investigar os valores envolvidos na elaboração de uma ação sociopolítica pelos discentes e, assim, o alcance do letramento científico crítico da intervenção pedagógica.

O uso dessa QSC, além de ter o potencial de alcançar o letramento científico crítico, também pode capacitar professores a questionar a aparente neutralidade dos conteúdos científicos e curriculares, desvelando interesses e ideologias ocultas, de forma crítica (GIROUX, 1988). De acordo com Giroux (1988, p. 163), devemos refletir sobre a formação dos professores em termos de conflitos dos quais eles mesmos participam enquanto sujeitos, na medida em que “essencial para a categoria de intelectual é a necessidade de tornar o pedagógico mais político e o político mais pedagógico”. Dessa forma, o uso de QSC na formação de professores é essencial para alcançar uma mudança educacional (MARTÍNEZ et al., 2011).

Podemos concluir, portanto, que a QSC sobre herança epigenética da obesidade abarca temas relevantes e controversos em relação à prevenção e tratamento da obesidade, envolvendo relações CTSA que devem ser consideradas para resoluções eficazes, considerando valores de justiça socioambiental. Dessa forma, para que a QSC alcance o letramento científico crítico, sugerimos que as questões envolvidas neste capítulo devam ser consideradas no planejamento de uma intervenção pedagógica.

CAPÍTULO 3: PROCESSO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE

O rigor e a coerência em relação aos aspectos metodológicos da pesquisa são preocupações constantes em discussões na área de ensino (GORARD, 2002; AMANTES; OLIVEIRA, 2012). Dessa forma, neste capítulo, apresentaremos os referenciais teórico-metodológicos que fundamentaram a abordagem metodológica adotada nesta pesquisa, e os instrumentos e ferramentas de análise de dados utilizados nas investigações.

Na seção 3.1 será apresentada a base teórica-metodológica de design educacional, suas principais características, sua natureza colaborativa e o contexto específico da presente pesquisa. Em seguida, na seção 3.2, será detalhado brevemente o contexto da aplicação da SD desenvolvida, o perfil da professora colaboradora, o projeto de pesquisa, o qual o presente trabalho está vinculado, e, por fim, os aspectos éticos e as características da aplicação da sequência didática. Na seção 3.3 será explorado em detalhes o instrumento de validação por pares da sequência didática desenvolvida.

Por fim, as seções 3.4 e 3.5 envolverão os procedimentos de análise da aplicação da SD em sala de aula. Na primeira, apresentaremos os procedimentos metodológicos para produção dos episódios de ensino – unidades essenciais para análise discursiva. Na segunda, explicaremos as diferentes ferramentas teórico-metodológicas de análise dos episódios de ensino para validação dos princípios de design, a serem explorados em três subseções referentes a cada uma dessas ferramentas: a Análise Crítica do Discurso; o perfil conceitual de herança biológica; e os estágios de letramento científico crítico. Cada subseção irá apresentar os aspectos teóricos e metodológicos de cada tema, dispondo as ferramentas necessárias para a análise de dados apresentados e discutidos no Capítulo 5.

3.1 PESQUISA EM DESIGN EDUCACIONAL

O presente trabalho foi desenvolvido através da abordagem teórico-metodológica proposta pela pesquisa em design educacional (*Educational Design Research*), que consiste em um estudo sistemático de planejamento, implementação e avaliação de intervenções educacionais, como soluções para problemas complexos na prática educativa (COBB et al., 2003). Dentro dessa abordagem, podemos destacar os estudos de desenvolvimento de inovações educacionais, que visam resolver problemas educacionais que possibilitem a construção e validação de princípios de design de inovações

educacionais que possam ser aplicadas em contextos diversos (VAN DEN AKKER et al., 2006).

Os princípios de design são produtos teóricos da pesquisa em design educacional, que, se validados, podem vir a compor uma teoria de ensino específica para um dado domínio do conhecimento (PLOMP, 2009). De forma geral, os princípios de design podem ser compreendidos como enunciados heurísticos construídos de forma a orientar o planejamento de intervenções educacionais no que diz respeito à seleção e aplicação do conhecimento mais apropriado para tarefas específicas de planejamento e desenvolvimento das mesmas (PLOMP, 2009; SEPULVEDA et al., 2016). Compreendendo a complexidade do mundo real e a individualidade de cada pesquisa, busca-se sintetizar uma metodologia flexível e iterativa que possa ser aplicada de forma a otimizar o aprendizado e o ensino em um determinado caso. Logo, a produção de generalizações que possam expandir o foco da pesquisa para outros contextos é uma expectativa central da abordagem (EDELSON, 2002).

A pesquisa em design educacional possui, portanto, dois propósitos: desenvolver inovações educacionais; e ampliar o conhecimento sobre os processos de planejamento e implementação em sala de aula e sobre as características de intervenções eficazes no alcance das expectativas educacionais (PLOMP, 2009). Dessa forma, essa modalidade de pesquisa educacional gera uma compreensão teórica acerca dos princípios de design pesquisados, e também da própria intervenção educacional, a qual se origina da necessidade de pesquisar os princípios de design, com a finalidade de testá-los, durante a implementação da mesma, em um contexto real de sala de aula (PLOMP, 2009).

Esse tipo de pesquisa busca investigar quais abordagens, procedimentos, conceitos, técnicas, discursos, etc. são fundamentais para se alcançar um objetivo educacional desejado, em um contexto específico. Dito isso, para orientar investigações da design educacional, pode-se utilizar a questão geral proposta por Plomp (2009): “Quais são as características de uma intervenção x para alcançar o resultado y (y1, y2, y3...) no contexto z?”. Adaptando essa questão para o presente trabalho, temos: “Quais características de uma sequência didática (SD), abordando a herança epigenética da obesidade, possuem o potencial de promover uma superação da visão genocêntrica e o alcance do letramento científico crítico, no contexto de uma disciplina de Genética na formação de professores de Biologia?”.

De forma geral, a design educacional pode ser dividida em três fases (Fig. 6): “Pesquisa preliminar”; “Fase de prototipagem”; e a “Fase avaliativa” (PLOMP, 2009). A

fase de pesquisa preliminar constitui-se de revisão da literatura, análise de conteúdos e desenvolvimento de um quadro conceitual teórico para a pesquisa, que orientará o estudo e o estabelecimento dos princípios de design iniciais para a intervenção pedagógica. Neste trabalho, essa primeira etapa se debruçou sobre as implicações do campo da epigenética para o determinismo genético e para o conceito de herança biológica (Capítulo 1) e, de forma mais específica, sobre as implicações da ‘herança epigenética da obesidade’ em um contexto mais amplo da prevenção e tratamento da obesidade em nossa sociedade, através das relações entre CTSA (Capítulo 2).

Os princípios de design, que apresentarão as características que irão orientar a construção da inovação educacional⁴⁶, podem ser sistematizados da seguinte forma (VAN DEN AKKER, 1999, p. 9):

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, então é aconselhável prover esta intervenção das características A, B e C [ênfase substantiva], e fazer isso por meio dos procedimentos K, L e M [ênfase procedimental], em razão dos argumentos P, Q e R.

No presente trabalho, será utilizado a adaptação dessa formulação feita por Sarmiento (2016), a fim de facilitar a enunciação dos princípios de design:

Se você deseja construir uma intervenção X para o propósito/função Y em um contexto Z, é aconselhável:

- (1) Adotar a característica A, para o propósito/função y1, realizando o procedimento K, em razão do argumento P.
- (2) Adotar a característica B, para o propósito/função y2, realizando o procedimento L, em razão do argumento Q.
- (3) Adotar a característica C, para o propósito/função y3, realizando o procedimento M, em razão do argumento R.
- (...)

Podemos perceber, a partir dessa formulação, que os princípios de design possuem uma natureza “substantiva” (características gerais da intervenção) e uma natureza “procedimental” (características específicas ao contexto da aplicação). As características substantivas se referem ao conhecimento acerca das características das intervenções, as quais podem ser extraídas em parte pelos resultados da intervenção em si, *i.e.* ao que se aconselha fazer de modo generalizado para alcançar determinado objetivo educacional, mas não ao modo de fazer num contexto particular de aplicação (PLOMP, 2009;

⁴⁶ Usamos, neste trabalho, o conceito de inovação educacional definido por Sousa, Muniz e Sarmiento (2016): “Processos intencionais, sistemáticos e participativos de produção, recontextualização e disseminação de novidades, que tenham a capacidade de promover o desenvolvimento do potencial dos atores da comunidade escolar, em termos pessoais, sociais e intelectuais. Entende-se como novidade tudo aquilo que, até então, não fazia parte da prática pedagógica da comunidade escolar.”

SEPULVEDA et al., 2016). Essas características, após serem validadas ao longo da pesquisa em design, se tornam generalizações teóricas da pesquisa de uma teoria de ensino. Por outro lado, as características procedimentais são referentes ao conjunto de atividades desenhadas que são consideradas as mais promissoras no desenvolvimento de intervenções efetivas e funcionais, *i.e.* são características requeridas para uma dada implementação e realização de uma característica substantiva em uma inovação educacional. Logo, diferentemente das características substantivas, é esperado que sejam contexto-dependentes, ainda que seja possível algum grau de generalização mediante descrição detalhada do contexto de implementação (SIMONS et al., 2003; SEPULVEDA et al., 2016).

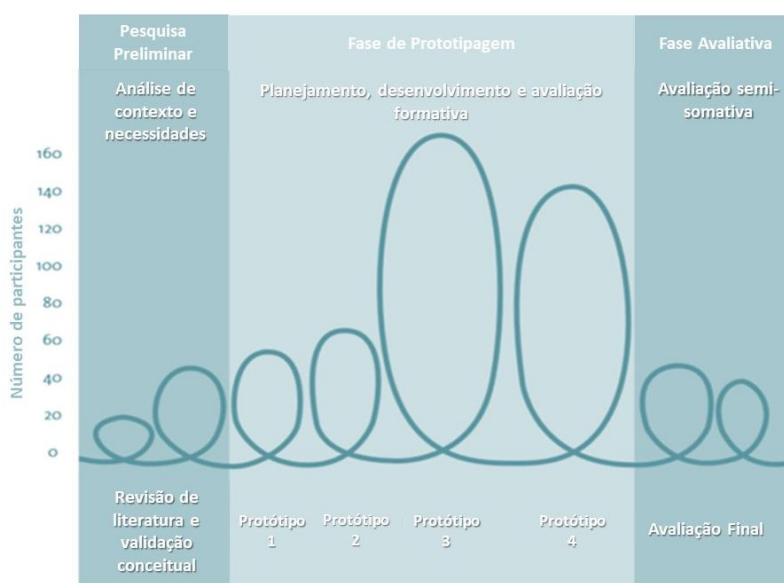


Figura 6: Esquema demonstrando o processo cíclico e iterativo das fases da design educacional. Adaptado de McKenney (2001).

A segunda fase, chamada de “fase de prototipagem”, consiste em ciclos iterativos de investigações, em que protótipos de uma intervenção, elaborada a partir dos princípios de design resultantes da fase anterior, são testados e refinados através de avaliações formativas, visando reflexões acerca dos resultados parciais. Esses ciclos de protótipos devem ser realizados em contextos diversos, com número crescente de participantes (professores, alunos, tutores, etc.). Os resultados parciais de cada ciclo são utilizados para refinar os próximos protótipos, de acordo com o alcance das expectativas de ensino ou de aprendizagem (PLOMP, 2009). Deste modo, a fase de prototipagem resulta na estrutura da sequência didática, e nos resultados da sua aplicação e avaliação. Este ciclo se repete, idealmente, até que se alcance a saturação, ou seja, o momento em que as análises

permitam o refinamento suficiente do produto educacional, de modo que justifique a sua finalização (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015).

Por último, a fase avaliativa, também chamada de “fase semi-somativa”, consiste em uma reflexão sistemática de todo o processo de iteração, a fim de verificar se os objetivos pré-determinados no processo de pesquisa foram alcançados, além de finalizar a pesquisa com considerações e recomendações para futuras investigações (PLOMP, 2009).

Devido à pesquisa em design educacional possuir uma natureza de investigação de longo prazo, Barbosa e Oliveira (2015) reconhecem que o tempo disponível para a sua realização pode ser um fator limitante para a quantidade de ciclos aplicados. Tendo isso em vista, no presente trabalho, aplicamos e investigamos apenas um ciclo de prototipagem, uma vez que o estudo bibliográfico e teórico, o desenvolvimento dos princípios de design, a construção colaborativa da sequência didática, a validação da SD, a aplicação da intervenção e a análise das informações coletadas – além é claro, da redação da presente tese – requerem um tempo considerável de planejamento e pesquisa. Ainda assim, realçamos a importância da continuidade da pesquisa, principalmente em contextos distintos, a fim de alcançar a terceira fase da pesquisa em design educacional.

Destacamos que a validação do material de intervenção deve, idealmente, anteceder sua aplicação em sala de aula na fase de prototipagem. Entretanto, devido a imprevistos relacionados à entrada de licença da professora colaboradora devido a motivos pessoais, tornou-se inviável adotar esse desenho de pesquisa, devido ao curto espaço de tempo disponível para o desenvolvimento da SD, o período de validação pelos pares e seu posterior refinamento para aplicação. Dessa forma, optamos por validar a SD por pares de modo concomitante à sua aplicação em sala de aula para validar seus princípios de design, reconhecendo as limitações de tal abordagem para a análise de dados. Nesse caso, consideramos que a tese abarca um ciclo, composto por duas estratégias para validação: a validação por pares da adequação da SD; e a validação dos princípios de design pela comparação entre expectativas de ensino e as interações discursivas ocorridas em sala de aula. Por meio da integração dos dados advindos desses dois processos de validação, foi realizado o refinamento da SD para o próximo ciclo de prototipagem (Figura 7).

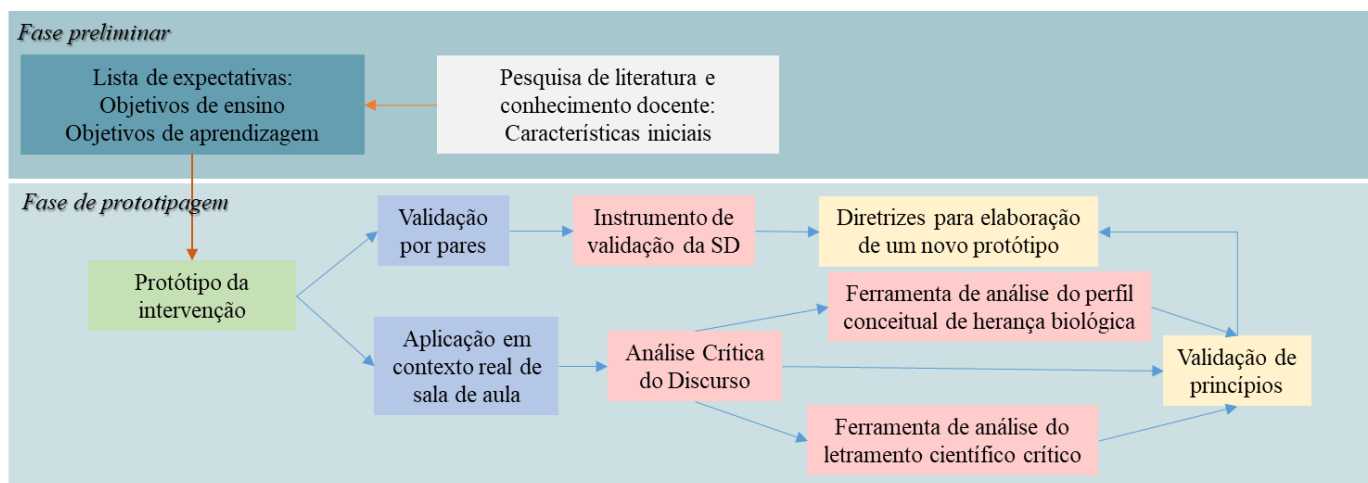


Figura 7: Desenho metodológico da presente pesquisa, organizado de acordo com as duas primeiras fases da pesquisa em design educacional.

Por fim, cabe ressaltar a natureza colaborativa da pesquisa em design educacional, na qual pesquisadores e professores desenvolvem juntos os protótipos de inovações educacionais, possibilitando o diálogo entre os saberes produzidos pela prática docente e pela pesquisa, evitando tomadas de decisões unilaterais (BARBOSA; OLIVEIRA, 2015; SEPÚLVEDA; ALMEIDA, 2016). Essa dinâmica é fundamental para superar a lacuna entre pesquisa-prática, ou seja, a distância entre a produção de conhecimento pela pesquisa educacional e as práticas dos professores (MCINTYRE, 2005). Logo, a pesquisa colaborativa é uma modalidade em que os participantes trabalham conjuntamente e se apoiam mutuamente, visando atingir objetivos comuns negociados, havendo corresponsabilidade na liderança e na condução das ações, a fim de gerar contribuições para a educação a partir das possíveis alianças entre pesquisa e educação (PASSOS, 2007; ALMEIDA et al., 2016). No que se refere ao aspecto colaborativo, esta pesquisa contou com uma equipe de quatro profissionais para a elaboração da sequência didática: o doutorando; a professora pesquisadora; a orientadora; e o co-orientador.

3.2 CONTEXTO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E ASPECTOS ÉTICOS

O material desenvolvido nesta pesquisa, elaborado como primeiro protótipo para o primeiro ciclo da fase de prototipagem, foi aplicado no contexto da disciplina “Genética Básica” do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) – BA. Esta disciplina possui uma carga horária de 75 horas e se encontra no 4º semestre na estrutura curricular do curso, ainda que seja frequentemente cursada por discentes em diferentes etapas da graduação. A disciplina possui importante

papel na formação dos professores ao apresentar, de forma introdutória, os principais conceitos, processos, teorias e modelos do campo da Genética, de forma teórica e prática, contextualizando com a prática docente no ensino de Ciências.

A disciplina possui a seguinte organização temática: I – Desenvolvimento histórico do conceito de herança; II - Princípios mendelianos e bases físicas da hereditariedade; III – Interações alélicas e não alélicas; III – Herança poligênica: gene organismo e ambiente; IV – Genética pós-Mendel: Ligação e recombinação; V – Métodos de mapeamento genético; VI – Padrões de distribuição dos genes em genealogias; VII – Análise de heredogramas; VIII – Crise no conceito de gene no século XXI; IX – Mutação gênica; X – Alterações cromossômicas estruturais e numéricas; e XI – Bases genéticas do câncer. Dentro dessa estrutura, a SD em questão, intitulada “Herança epigenética da obesidade”, foi inserida no módulo III, sobre herança poligênica e a interação entre gene, organismo e ambiente, em função da relação com sua temática, em que a professora introduz discussões sobre a influência do ambiente no fenótipo final e sua relação com o genótipo.

A professora colaboradora que leciona a disciplina de Genética Básica é graduada em Ciências Biológicas, e mestre e doutora em patologia. Atuando desde 1997 como professora de graduação em Ciências Biológicas da UEFS, leciona disciplinas relacionadas à genética e evolução e coordena o Núcleo de Estudos Integrados em Genética e Evolução (Locus). Possui experiência na área de Genética, com ênfase em Carcinogênese química, atuando principalmente nos seguintes temas: apoptose, proliferação celular e genes reguladores do ciclo celular. Além disso, participa do Grupo Colaborativo de Pesquisa em Ensino de Ciências (GCPEC) da UEFS, em que se aprofunda em discussões sobre ensino de genética, juntamente com outros profissionais de ensino de ciências, a fim de aprimorar sua prática pedagógica. A participação do pesquisador da presente tese no mesmo grupo de estudo que a professora colaboradora favoreceu o desenvolvimento coletivo e dialogado da SD, cumprindo os objetivos de investigação do pesquisador e as preocupações pedagógicas da professora.

A presente pesquisa consiste em um subprojeto do Projeto de Pesquisa “Investigação de inovações educacionais em ensino de evolução e genética com abordagem Ciência/Tecnologia/Sociedade”, coordenado pela professora colaboradora e composto por pesquisadores, técnicos, discentes de graduação e pós-graduação e colaboradores externos, vinculados à educação básica, à UEFS e/ou ao Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (UEFS/UFBA). Esse Projeto de

Pesquisa tem como objetivo “investigar as características de intervenções pedagógicas, na forma de sequências didáticas para o ensino médio e superior de Biologia, construídas para o propósito de tornar acessível aos discentes o conhecimento produzido nos campos da evolução, genética e história das ciências, que os habilite a desenvolver uma compreensão crítica das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (C/T/S) e a tomar decisões socialmente responsáveis. ”

Como medida ética para a investigação em sala de aula, foi disponibilizado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para todos os discentes envolvidos se informarem sobre o objetivo da pesquisa, os métodos de produção, registro e armazenamento de dados, a natureza anônima e voluntária da pesquisa e suas implicações éticas gerais (Apêndice B). No caso dos discentes que concordaram voluntariamente como sujeitos da pesquisa, foram coletadas suas assinaturas, quando maiores de 18 anos, e as assinaturas dos responsáveis, em casos de menores de 18 anos.

A SD foi aplicada no período entre 14 e 28 de maio de 2018, com aulas teóricas às segundas-feiras, contendo 4 horas de duração; e aulas práticas às quintas-feiras, com a turma dividida em dois grupos, contendo 2 horas de duração cada. Devido à disciplina encontrar-se estruturada nessa organização de aulas teóricas e práticas, desenvolvemos o primeiro protótipo de modo a se adequar à essa dinâmica. Assim, alterações em relação à duração de cada aula podem ser necessárias em posteriores aplicações.

A SD foi elaborada para ser realizada em seis encontros, dois por semana, em que os de segunda-feira duraram aproximadamente 4 horas, e os de quinta-feira, aproximadamente 2h em duas seções distintas. As aulas teóricas de segunda-feira tiveram início às 15:30, com conclusão às 18:30, enquanto as aulas práticas de quinta-feira se prolongava das 13:30 às 15:30 com o primeiro grupo, e das 15:30 às 17:30, com o segundo grupo. A turma era composta por 19 discentes, sendo 14 do sexo feminino e 5 do sexo masculino.

Antes de iniciar a aplicação da SD, ocorreu um acompanhamento da turma durante três semanas de aula para que os discentes pudessem se acostumar com a presença do pesquisador e dos instrumentos de coleta de dados, que permaneceram desligados. Essa etapa é fundamental para que, durante a aplicação, os discentes não fiquem inibidos em participar das aulas devido à presença de fatores externos, além de ser um momento essencial para o pesquisador se familiarizar com os discentes que irão participar da aplicação e se organizar com o ambiente da sala de aula. Durante esses encontros, foram realizadas anotações no caderno de campo com objetivo de compreender a dinâmica da

sala de aula, identificação dos discentes, planejar o posicionamento das câmeras levando em conta a estrutura da sala de aula (pontos de energia, localização do quadro, da professora e dos discentes, etc.) e qualquer outra informação relevante que possa auxiliar na aplicação da SD.

3.3 INSTRUMENTO DE VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De acordo com Plomp (2009), a validade de uma teoria de ensino ou de aprendizagem depende de estudos de intervenções educacionais, já que está relacionada ao alcance dos objetivos pedagógicos propostos. Dessa forma, as questões relacionadas ao desenvolvimento das intervenções precisam estar compatíveis com as metodologias, abordagens e referenciais teóricos utilizados para a pesquisa, de modo a garantir que a intervenção possua características para alcançar os objetivos de ensino e/ou de aprendizagem esperados com a sua aplicação (PAIVA, 2019).

A validação da SD tem como objetivo investigar se a intervenção desenvolvida possui características adequadas ao alcance dos objetivos esperados à sua aplicação em contexto real de sala de aula. Essas características podem ser: coerência entre objetivos (didático e de aprendizagem) e as ações didáticas das aulas; organização das aulas e das atividades; adequação da metodologia, abordagens e materiais utilizados; etc. (PAIVA et al., 2017). A partir dessa investigação, podem ser realizadas alterações na sequência didática, refinando-a para sua aplicação. Ressaltamos, portanto, a relevância da etapa de validação por pares a fim de realizar as adaptações necessárias através de sugestões de profissionais da área de forma a contribuir para o aperfeiçoamento e aumento da coerência interna da proposta de intervenção, visando atender aos objetivos propostos.

Para investigar se a SD desenvolvida para a pesquisa possui características compatíveis com seus objetivos de ensino e com os objetivos conceituais, procedimentais e atitudinais (CPA) de aprendizagem propostos, foi desenvolvido um instrumento para sua validação por profissionais da área. A validação da sequência didática consistiu na avaliação da correspondência entre as ações didáticas planejadas, os objetivos de ensino e os objetivos CPA de aprendizagem, ou seja, se a intervenção proposta teria potencial para atingir os objetivos estabelecidos. A validação teve por objetivo analisar a potencialidade e adequação da SD, já que a falta desse processo pode comprometer a qualidade das etapas seguintes da pesquisa.

O instrumento de validação por pares da SD foi desenvolvido para participação de profissionais do ensino de biologia, tanto docentes quanto pesquisadores da área. Os

critérios para participação foram ter formação em Ciências Biológicas (licenciatura ou bacharelado), ser ou ter sido docente de disciplinas ligadas à genética no Ensino Superior, ou ser pesquisador nas áreas de ensino de genética e/ou CTSA e QSC. Assim, buscou-se abranger tanto o conhecimento prático e experiencial dos professores, quanto o conhecimento teórico dos pesquisadores, ainda que, em casos de discrepância na análise, a avaliação dos professores tenha prioridade, devido ao contato com o contexto real de sala de aula.

Para proporcionar aos avaliadores um preenchimento indutivo e prático do questionário, apostamos no uso de três tipos de opções para avaliar a adequação dos objetivos de ensino e os objetivos CPA de aprendizagem às ações didáticas de cada aula: “atende completamente”, “atende parcialmente” e “não atende”. A partir do preenchimento dessas opções, os avaliadores tiveram à disposição espaços para justificativas, sugestões e comentários específicos para auxiliar na validação da SD. Ao final do instrumento, dispomos outro espaço para comentários gerais sobre a SD, que porventura não puderam ser incluídos ao longo da avaliação.

O instrumento de validação da SD foi discutido em conjunto com a orientadora, o co-orientador e a professora colaboradora, sendo realizados os ajustes sugeridos para refinamento do instrumento. Após os ajustes necessários, os convites para a validação do material foram enviados aos potenciais avaliadores através de e-mails individuais ou em grupos. No corpo de e-mail, após uma introdução do pesquisador, foi explicado brevemente o projeto e o prazo para resposta da validação. De acordo com Paiva (2019), estabelecer de forma explícita o prazo de entrega é importante, pois dá oportunidade aos avaliadores de se organizarem em meio às demandas cotidianas para validar o material.

Em anexo, enviamos o instrumento de validação da SD. Esse instrumento continha a seguinte organização estrutural (Apêndice A):

- a) um texto inicial reforçando o convite feito pelo e-mail, com apresentação resumida dos objetivos da pesquisa e seus fundamentos teóricos e metodológicos de forma breve e sucinta para contextualização do material e uma orientação clara e objetiva de como deve ser realizada a avaliação;
- b) uma seção para identificação do perfil do avaliador, composto por dados sobre sua formação acadêmica, dados profissionais, experiência na docência e atuação como pesquisador;
- c) um quadro para análise e avaliação das aulas da SD, contendo suas ações didáticas, objetivos de ensino e objetivos CPA de aprendizagem, através de um

campo para avaliação da adequação dos objetivos de ensino às ações didáticas e um campo para avaliação dos objetivos CPA de aprendizagem às ações didáticas, a partir de três opções (“atende completamente”, “atende parcialmente” e “não atende”), e um campo para justificativas e/ou sugestões dos avaliadores sobre a adequação dos objetivos ou qualquer outro aspecto da aula;

d) um campo para comentários gerais abertos sobre aspectos da SD; e, por fim,

e) a descrição dos objetivos CPA (conceituais, procedimentais e atitudinais) de aprendizagem e de cada um dos casos da QSC, com suas respectivas perguntas orientadoras e materiais associados.

Os dados foram analisados através de uma análise quantitativa acerca da coerência entre os objetivos de ensino e os objetivos CPA de aprendizagem com as ações didáticas a partir das opções marcadas pelos avaliadores. Em seguida, foram analisados, de forma qualitativa, as justificativas e sugestões dos avaliadores para compreender e interpretar os argumentos utilizados. Através dessas análises, foram realizadas as adequações necessárias para o refinamento da SD.

3.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS PARA PRODUÇÃO DE EPISÓDIOS DE ENSINO

Para validação dos princípios de design através da SD, utilizamos dados produzidos por: a) registro em caderno de campo das observações realizadas em sala de aula; b) registro de gravações de vídeo e áudio das dinâmicas discursivas em sala de aula durante a aplicação da SD. O registro em vídeo foi realizado por meio de uma câmera móvel posicionada de forma a captar as interações, falas e ações da professora e dos discentes (Fig. 7a). O registro em áudio foi realizado por um gravador digital e utilizado de forma complementar ao vídeo quando os dois instrumentos estavam presentes. Entretanto, nas aulas práticas, quando a turma se apresentava dividida em grupos, um grupo foi acompanhado pela câmera de vídeo, enquanto o segundo grupo foi acompanhado pelo gravador digital (Fig. 7b). A partir desses registros, foi possível identificar os potenciais episódios de ensino.

Os episódios de ensino constituem unidades de análise discursiva, *i.e.* um conjunto de enunciados, ou turnos de fala, considerados relevantes em função dos objetivos do estudo (LEMKE, 1997). Esses episódios foram selecionados para análise de acordo com o alcance das expectativas de ensino durante a realização das atividades em sala de aula, desenvolvidas a partir dos princípios de design que guiaram a construção da SD.

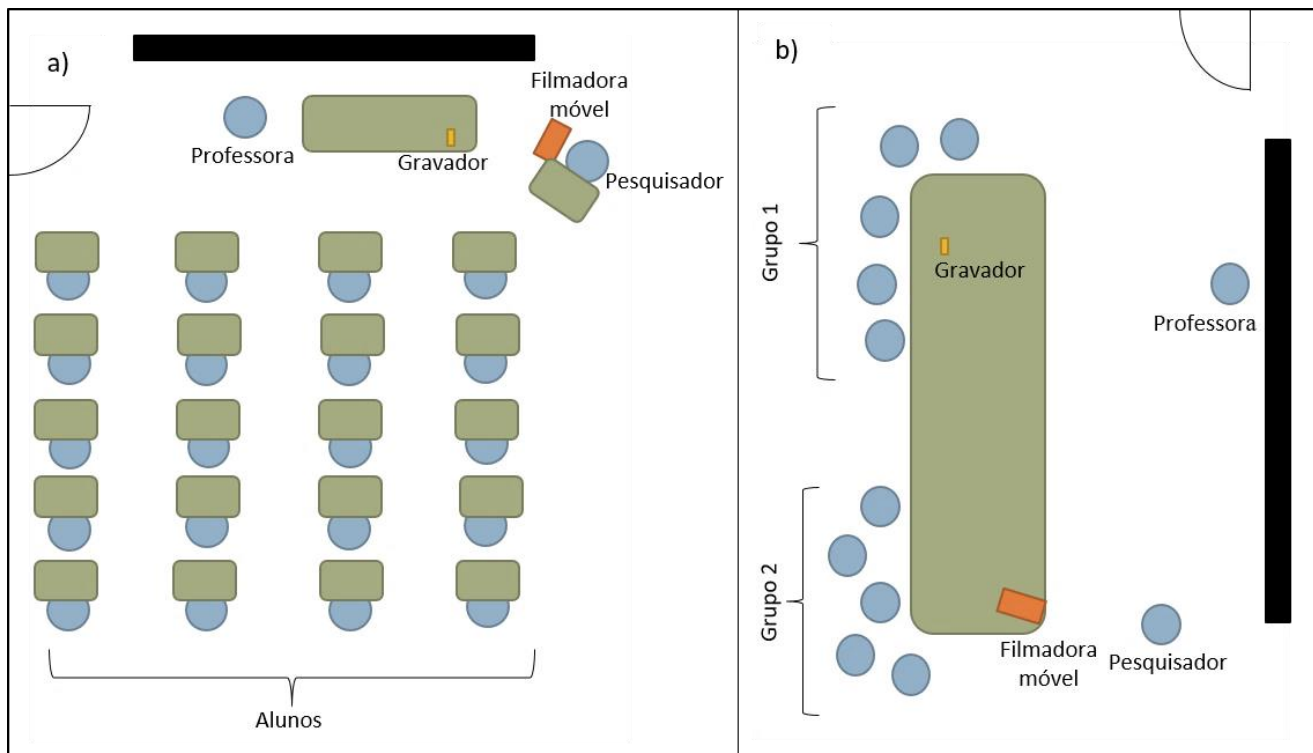


Figura 8: Organização espacial da sala de aula (a) durante as aulas teóricas e (b) durante as aulas práticas.

De forma a auxiliar a organização das atividades e dinâmicas que ocorreram em cada encontro foi utilizada a ferramenta de ‘mapas de atividade’, sugerida por Amaral e Mortimer (2006). Com potencial de auxiliar o pesquisador na identificação e contextualização de episódios de ensino a partir dos registros em sala de aula, os mapas de atividade são quadros que proporcionam uma visão geral de cada encontro registrado, relacionando as atividades realizadas, o tempo de duração, as temáticas abordadas, as ações dos participantes, e comentários diversos que o pesquisador julgue relevante para se ter uma visão geral da atividade (AMARAL; MORTIMER, 2006). Portanto, os mapas de atividade permitem identificar e contextualizar os episódios de ensino ao descrever a dinâmica da aula quando as interações ocorreram.

Os mapas de atividade foram organizados de acordo com as características das seguintes colunas (Quadro 2): (i) o momento da aula em que a atividade ocorreu, com base no tempo registrado nas gravações e, entre parênteses, a duração total do episódio; (ii) a atividade realizada; (iii) os principais temas centrais discutidos durante a atividade;

(iv) as ações do docente e dos discentes ao longo das atividades, descritas de forma mais detalhadas, e; (v) comentários gerais sobre aspectos e características que possam auxiliar na identificação e interpretação dos episódios. A construção do mapa de atividade, além de cumprir a função inicial de organizar e orientar a localização de episódios de ensino em sala de aula contido nos registros e, assim, auxiliar na produção de dados, também pode contribuir para aumentar o grau de generalização dos resultados da pesquisa, uma vez que constituem uma estrutura básica para comparação de dados entre aplicações distintas da sequência didática (SEPULVEDA, 2010).

Após a organização das atividades e dinâmicas ocorridas em cada encontro, a partir da análise dos registros feitos em sala de aula, foi possível identificar e selecionar os potenciais episódios a serem analisados. Esses episódios, em seguida, foram transcritos e as interações discursivas foram analisadas quanto à sua adequação às expectativas de ensino propostas. Foi selecionado uma quantidade de episódios suficiente para abarcar todas as características presentes nas interações discursivas que porventura surgissem durante a aplicação da sequência didática sobre determinada expectativa de ensino.

Os episódios de ensino foram transcritos utilizando os sinais sugeridos por Marcuschi (1999) e adaptados por Amaral e Mortimer (2006) para transcrição de falas orais: sinal de mais +, para pausas longas na fala, sendo que, quanto maior a pausa, maior o número de sinais; barra invertida /, para pausas curtas no meio das falas e truncamento brusco entre dois turnos de fala; parênteses duplos (()), para comentários do pesquisador a respeito de gestos ou dados não-verbais; FONTE EM CAIXA ALTA, para representar aumento de tom de voz e ênfase na entonação; reticências..., para hesitação ou fala não concluída; e reticências entre parênteses (...), para omissão de trechos da transcrição. Em relação à análise, utilizamos **realce em negrito** para enfatizar trechos importantes que mobilizam características relacionadas às expectativas de ensino.

Quadro 2: Modelo de mapa de atividades utilizado, referente à quarta aula da sequência didática.

Aula 4 – Turma 2 - Leitura				
Tempo	Atividade realizada	Principais temas	Ações dos participantes	Comentários
Duração: 7' Tempo no vídeo: 0'-7'	Leitura do Texto 1 (Decreto nº 8.553/2015)	Decreto que institui o Pacto Nacional para Alimentação Saudável; aplicação da lei; informação	Alunos lendo o decreto em conjunto, enquanto discutem os temas relacionados	- Estudantes estão organizados e atentos à leitura. - Leitura feita por Aluno 14. Episódio 35 (2'30): “O problema é que a lei não é aplicada”
Duração: 21'30 Tempo no vídeo: 7'30-28'	Leitura do texto 2 (“Apesar de lobby, nutricionistas lutam para promover alimentação adequada”)	Lobby da indústria alimentícia; propaganda; educação; agropecuária; consumo de carne	Alunos lendo texto sobre lobby, seguido de discussão	- Leitura feita pela Aluna 13. - Episódio 36 (14'20): “Deveria existir um estímulo do governo para produção orgânica” - Episódio 37 (16'20): “Tem uma galera querendo mudar isso aí” - Episódio 38 (24'): “O consumo de carne também tá associado com política” - Alunos começam a se envolver com discussões sobre agronegócio: bom assunto para incentivar o debate, mas tomar cuidado para não desviar do tema central.
Duração: 8' Tempo no vídeo: 28'-36'	Leitura do texto 3 (“Brasileiros engordam e empresas lucram”)	Continuação da influência do lobby na política e na obesidade; comparação com a indústria farmacêutica	Alunos lendo texto e continuando as discussões	- Leitura feita pela Aluna 12 - Episódio 39 (30'40): “Isso também ocorre com a indústria farmacêutica”
Duração: 19' Tempo no vídeo: 36'-57'	Leitura do texto 4 (“Coca-Cola e Pepsi pagam milhões para esconder seu vínculo com a obesidade”)	Continuação da influência do lobby na política e na obesidade; propaganda; problematização de soluções de empresas	Alunos lendo texto sobre lobby da Coca Cola e Pepsi e continuando as discussões	- Leitura feita pelo Aluno 14. - Episódio 40 (42'30): “As empresas causam o problema e financiam a solução”
Duração: 1'50 Tempo no vídeo: 57'-58'50	Leitura do caso 2 em grupo		Alunos lendo Caso 2, seguido de organização dos grupos	- Leitura feita pela Aluna 13. - Alunos se organizam em dois grupos para responder às questões.

As falas dos participantes foram transcritas exatamente como enunciadas, ainda que não estivessem de acordo com as normas da linguagem formal. Os episódios foram organizados na forma de sequências de turnos de fala, com designação anônima dos participantes através de números. Por fim, a delimitação dos episódios foi realizada com base nas mudanças de conteúdo do discurso relativos às características das expectativas de ensino.

3.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS PARA VALIDAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN

Os princípios de design foram validados através da análise das interações discursivas observadas em sala de aula, a fim de verificar o alcance das expectativas de ensino durante a realização das atividades propostas pela SD. Para analisar essas interações, foi utilizada a abordagem de “Análise Crítica do Discurso” (ACD), proposta por Fairclough (2001), a fim de desvelar os fundamentos ideológicos inerentes ao discurso dos participantes da SD. Conjuntamente à ACD, utilizamos duas ferramentas de análise a fim de avaliar aspectos mais específicos das interações discursivas: uma ferramenta de análise sobre perfil conceitual de herança biológica; e uma ferramenta de análise sobre alcance do letramento científico crítico. A ACD e as ferramentas de análise foram utilizadas para investigar o alcance das expectativas de ensino referentes aos princípios de design. Abaixo, descrevemos em detalhe cada tipo de ferramenta.

3.5.1 A análise crítica do discurso (ACD) como método para análise da formação discursiva

De acordo com Fairclough (2001), discurso pode ser compreendido como uma prática social reprodutora e transformadora de realidades sociais e do sujeito da linguagem. A partir de uma perspectiva psicossocial, o discurso pode ser moldado por influências ideológicas e linguísticas, mas também pode agir como transformador de suas próprias práticas discursivas, ao contestar e reestruturar a dominação e as formações ideológicas socialmente empreendidas em seus discursos. Desse modo, a linguagem é uma atividade dialética que molda a sociedade e é moldada por ela.

Da mesma forma que a abordagem CTSA, adotada no presente trabalho, a ACD tem como base a rejeição da neutralidade científica. Compreende-se os discursos acadêmicos como partes constitutivas e influenciadas pela estrutura social, produzidos e reproduzidos na interação social. Para Fairclough (1995), os objetivos críticos na análise do discurso visam elucidar as naturalizações, tornando claras as determinações sociais e os efeitos do discurso que estão obscuros. Ou seja, a ACD deve destacar as maneiras pelas quais os discursos criam, confirmam, legitimam, reproduzem ou desafiam relações de poder e dominação na sociedade (FAIRCLOUGH, 1995).

De acordo com Fairclough (2001), qualquer evento discursivo é compreendido como simultaneamente um texto, uma prática discursiva e uma prática social. Essa concepção da linguagem como forma de prática social traz diversas implicações.

Primeiramente, podemos apontar o fato do discurso ser um modo de ação sobre o mundo e sobre os outros. Além disso, o discurso possui uma relação dialética com a estrutura social, a qual é tanto como uma condição como um efeito do discurso, de forma que o discurso é moldado e restringido pela estrutura social, e as várias dimensões da estrutura social são constituídas com a contribuição do discurso. Por último, o discurso é uma prática de representação e significação do mundo, ao mesmo tempo constituindo e construindo os significados (FAIRCLOUGH, 2001). Dessas implicações decorrem três efeitos do discurso, aos quais Fairclough (2001) relaciona a três funções da linguagem: 1) contribuição para construção de identidades sociais (função identitária); 2) contribuição na construção de relações sociais entre as pessoas (função relacional); e 3) contribuição na construção de sistemas de conhecimento e crença (função ideacional).

A ACD de Fairclough (2001) permite uma abordagem da análise linguística que pode contribuir para estudos de mudança social e cultural através da mudança e prática discursiva. Devido ao discurso ter papel fundamental na produção e manutenção das relações de poder e dominação ideológica na sociedade, é necessário esclarecer essas relações que se manifestam discursivamente, para se promover mudança e emancipação (MELO, 2009). Assim, a prática do discurso é uma parte da luta que colabora com a transformação e reprodução da ordem do discurso existente e também com a relação social de poder. A ACD defende, portanto, uma investigação sobre os discursos diretamente voltada às transformações sociais, focalizando a análise de como o discurso é produzido, reproduzido e mantido pela própria sociedade (CONRADO; CONRADO, 2016).

Na ACD de Fairclough (2001), discurso é analisado como uma abordagem tridimensional, envolvendo texto, prática discursiva e prática social. Compreender essa abordagem é fundamental para investigar a mudança discursiva e social. A análise do texto, considerado linguagem falada ou escrita resultante do processo de produção textual, refere-se ao vocabulário, gramática, coesão e estrutura textual. A análise da prática discursiva busca interpretar os processos de produção, distribuição e consumo textual, cuja natureza varia entre diferentes gêneros de discurso, a depender dos contextos sociais específicos. Por último, a análise da prática social busca explicar os aspectos sociais relacionados a ideologias, estruturas de poder e hegemonia presentes nos textos. Dessa forma, nessa abordagem tridimensional, temos a dimensão da análise linguística, da análise do processo interacional e da análise de circunstâncias organizacionais e institucionais da sociedade.

As análises do presente trabalho se situam na articulação das dimensões da prática discursiva e da prática social, através de análises de interpretação e explicação. Dentro da dimensão da prática discursiva, a noção de intertextualidade é fundamental para compreender os processos de mudança no discurso, através da análise da estruturação e reestruturação da ordem do discurso. Nesse contexto, a intertextualidade é a propriedade dos textos (ou enunciados) de conter fragmentos de outros textos, de modo explícito ou não, de modo a assimilar, aceitar, contradizer, contestar, etc. esses fragmentos (FAIRCLOUGH, 2001).

A intertextualidade é socialmente restrita e condicionada às relações de poder, que, através de uma relação dialética, estabelecem e são estabelecidas pelas práticas sociais. Para que a análise da intertextualidade no discurso capture essas restrições e condicionantes sociais, deve-se combiná-la à noção de hegemonia de Gramsci para mapear as possibilidades e limitações das produções intertextuais dentro de uma hegemonia, bem como identificar processos intertextuais de contestação e reestruturação do discurso hegemônico (FAIRCLOUGH, 2001).

Devido á essa capacidade da ACD em abarcar a perspectiva analítica sobre aspectos hegemônicos nos discursos e a resistência da natureza de mudança social das práticas discursivas, consideramos importante o uso dessa perspectiva para análise do alcance das expectativas de ensino propostas. Logo, buscamos, através da análise das práticas discursivas e do processo interacional nos episódios de ensino, avaliar o alcance das expectativas de ensino, identificando os discursos hegemônicos e as mudanças discursivas que foram alcançadas. Integradas às análises das práticas discursivas e social da ACD, utilizamos duas ferramentas de análise para investigar de forma mais precisa algumas expectativas de ensino.

3.5.2 Ferramenta de análise do perfil conceitual de herança biológica

A teoria dos perfis conceituais, proposta inicialmente por Mortimer (1994, 1995), é uma teoria de ensino e aprendizagem de conceitos científicos que se baseia na coexistência de diferentes modos de pensar um determinado conceito. Assim, perfis conceituais são modelos que representam a heterogeneidade de modos de pensar e falar sobre um dado conceito, reconhecendo a coexistência de diferentes significados em um indivíduo. De acordo com Mortimer e El-Hani (2014), o pressuposto básico dessa teoria é que os diferentes modos de pensar, que caracterizam a heterogeneidade do pensamento verbal, se entrelaçam com as diferentes formas de falar. Assim, modos de pensar são

tratados como modos estáveis de conceituar um determinado tipo de experiência, atribuindo um significado construído socialmente a um conceito.

Ao adotar uma visão sócio-interacionista sobre os conceitos, a teoria dos perfis conceituais tem como unidade de análise os significados desenvolvidos sócio-culturalmente na origem dos conceitos científicos e o papel que estes significados e os processos coletivos de enunciação apresentam na formação do pensamento conceitual dos alunos (MORTIMER, 1994). Os modelos de perfis conceituais, portanto, são construídos para um determinado conceito e constituído por zonas, que podem ser acessadas em decorrência da variedade de contextos em que cada um desses modos de pensar são aplicáveis, ou seja, que apresentam valor pragmático (MORTIMER; SCOTT; EL-HANI, 2009). Nesse sentido, a aprendizagem é concebida em termos de dois processos interligados: a) a aquisição de novas zonas de um perfil conceitual, *i.e.* a obtenção de novos modos de pensar um conceito, e b) o diálogo entre as zonas novas e antigas, de forma a considerar a diversidade de modos de pensar e a demarcação entre o seu valor pragmático em contextos distintos (EL-HANI; MORTIMER, 2007).

As zonas representam diferentes modos de pensar, estabilizadas por um conjunto de compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos (MORTIMER, 1994; REIS, 2018). Devido aos conceitos serem concebidos como constructos sociais (por um conjunto de compromissos socialmente construídos), ter consciência da demarcação entre suas zonas implica ser capaz de aplicar uma ideia científica nos contextos em que ela é apropriada, inclusive na vida cotidiana, preservando modos de pensar e falar distintos do científico em situações pragmaticamente apropriadas (MORTIMER; EL-HANI, 2014).

Dentro dessa perspectiva, Reis (2018) desenvolveu um perfil conceitual de herança biológica que pretende mapear a heterogeneidade de formas de pensar esse conceito no contexto das explicações da transmissão de características entre gerações no ensino médio. Durante a primeira fase da pesquisa, utilizamos esse modelo desenvolvido por Reis (2018) como ferramenta teórico-metodológica para estabelecer qual zona desejávamos construir entre os estudantes, e quais compromissos deveríamos buscar desenvolver para que esse modo de pensar fosse alcançado. Para a análise de dados, empregamos o perfil para analisar a negociação de compromissos ao longo das interações discursivas em sala de aula, em direção ao desenvolvimento do modo de pensar herança biológica.

O perfil proposto por Reis (2018) foi construído como uma ferramenta teórico-metodológica para analisar interações discursivas em salas de aula e amparar o

planejamento de ensino de genética no contexto do Ensino Médio. Portanto, pela presente pesquisa ser aplicada em um contexto de Ensino Superior, a aplicação da ferramenta de perfis conceituais de herança biológica pode apresentar limitações. De todo modo, o modelo foi construído com base em fontes como literatura em história da ciência, concepções alternativas – de estudantes de diferentes níveis de ensino – e questionários aplicados a estudantes do ensino superior, além dos dados empíricos coletados com estudantes do ensino médio e interações discursivas em sala de aula desse nível de ensino.

Em sua pesquisa, Reis (2018) individualiza quatro zonas de um perfil conceitual de herança biológica, a serem caracterizadas no quadro 3: (1) naturalização pelo nascimento; (2) fatalismo pelo sangue; (3) preformacionismo genético; e (4) epigênese. De acordo com a autora, as duas últimas zonas são consideradas as “zonas científicas” do modelo de perfil de herança biológica. Dentre essas, se deseja, na aplicação da SD, que os discentes atinjam a última zona (epigênese), através do alcance da compreensão do princípio da paridade causal, segundo o qual genes, fatores ambientais e fatores epigenéticos são igualmente importantes no desenvolvimento de um traço.

A partir da caracterização dos compromissos epistemológicos de cada zona proposta por Reis (2018), desenvolvemos uma ferramenta de análise de discurso sobre herança biológica para investigar quais contextos pedagógicos e discursivos promoveram a negociação de compromissos em direção à aquisição da zona epigênese, ou a construção de alguns dos compromissos que a sustentam (Quadro 4). Desse modo, é possível inferirmos o alcance das características substantivas e procedimentais que provemos à SD em promover as expectativas de ensino e aprendizagem previstas nos princípios de design, além de mapear as atividades em que os estudantes desenvolveram compromissos que sustentam um modo de pensar mais próximo da zona epigênese.

Por fim, ressaltamos que a utilização da ferramenta de análise de perfil conceitual de herança biológica conjuntamente com a análise crítica do discurso pode criar tensões teórico-metodológicas, já que a primeira lida com coexistência de modos de pensar, e a última, com mudanças do discurso quando envolvem relações de poder e dominação na sociedade. Entretanto, também consideramos que essas abordagens podem se beneficiar dialogicamente através do reconhecimento de um pluralismo pragmático, sem, no entanto, relativizar os valores referentes às zonas do perfil conceitual. Assim, a teoria de perfis conceituais reforça um diálogo crítico entre os modos de pensar um conceito, refletindo, tanto as dimensões epistemológica e ontológica, quanto, principalmente, a axiológica.

Quadro 3: Caracterização geral das zonas de um perfil conceitual de herança biológica. Fonte: Reis (2018)

Zonas	Caracterização
1. Naturalização pelo nascimento	A herança biológica é interpretada como um fenômeno auto evidente. Um compromisso epistemológico que fundamenta esse modo de pensar é a ausência de explicação causal de natureza etiológica. O fenômeno da herança como um problema para o qual deve ser proposta uma solução sequer encontra-se construído. A herança em termos de propriedades corporais semelhantes aos pais biológicos é vista como uma implicação direta do nascimento. A herança é concebida como tudo aquilo que se herda e se transmite da geração parental para a prole.
2. Fatalismo pelo sangue	A origem das características de um organismo ao nascer e sua semelhança aos parentes é atribuída ao fatal e inevitável compartilhamento do sangue, veículo pelo qual são transmitidas as características, não só físicas e/ou comportamentais, como sua história de vida, seu destino.
3. Preformacionismo genético	Atribui-se importância causal exclusiva às partículas que carregam o potencial para desenvolvimento de traços fenotípicos que aos demais fatores envolvidos na herança. Se essas partículas são genes, o determinismo genético é a ideia que estrutura este modo de pensar, partindo do princípio de que uma série de características, mesmo bastante complexas, como vários traços comportamentais, é determinada apenas por genes.
4. Epigênese	Assume-se o princípio da paridade causal para o fenômeno da herança biológica, segundo o qual genes, fatores ambientais e fatores epigenéticos são igualmente importantes no desenvolvimento de um traço. Neste contexto, o que é herdado é uma unidade dotada do potencial para uma característica, a qual surge por meio do desenvolvimento do organismo.

Quadro 4: Ferramenta de análise sobre as zonas do perfil conceitual de herança biológica com base nos compromissos epistemológicos, de acordo com Reis (2018).

Zonas	Compromissos distintivos das zonas
Naturalização pelo nascimento	<ul style="list-style-type: none"> - O fenômeno da herança não é explicado e está relacionado ao nascimento; - Herança como legado parental.
Fatalismo pelo sangue	<ul style="list-style-type: none"> - Características são herdadas dos antecessores; - Atribuição às deficiências genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores que resulta em punições relacionadas à crença e à fé; - Atribuição de sentimento de culpa dos genitores ao nascimento de crianças deficientes. - Causalidade da herança é atribuída a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados; - A característica é a unidade de herança, é o que se herda; - Os fluidos corporais são os mediadores de transmissão da herança; - O mecanismo da herança é explicado pela mistura de materiais hereditários materno e paterno.
Preformacionismo genético	<ul style="list-style-type: none"> - Contribuição parental equivalente de ambos os genitores ao desenvolvimento dos traços fenotípicos; - Determinismo por partícula é o fator causal; - As partículas auto-reprodutoras transmitem toda a informação necessária para especificar as características de um organismo. - Os gametas transmitem os atributos dos indivíduos através das gerações. - O material hereditário é constante de geração a geração (herança dura); - O mecanismo de herança é explicado pela mediação e/ou controle de partículas.
Epigênese	<ul style="list-style-type: none"> - Diferentes fatores causais são igualmente importantes na herança. - A unidade de herança é o potencial para a característica; - Uma variedade de recursos passados de uma geração para a outra estão envolvidos como mediadores de transmissão da herança - Diferentes mecanismos, processos e fatores constitui o sistema de herança.

3.5.3 Ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico

O letramento científico crítico tem como função proporcionar independência intelectual e autonomia pessoal do sujeito, de modo que este seja capaz de avaliar diferentes posicionamentos, ideologias e valores envolvidos nas práticas sociais, com destaque para aquelas relacionadas com ciência e tecnologia (HODSON, 2011). Dentre as características relacionadas com o letramento científico crítico, pode-se citar: agir de modo independente de discursos e práticas autoritários; perceber as relações entre ciência, tecnologia, sociedade, economia e política, reconhecendo as estruturas e normas que acomodam alguns e marginalizam outros; sensibilidade para interagir considerando

diferentes classes, gêneros, linguagens, conhecimentos e poderes; disposição para tomar decisões e agir conforme consciência sobre seus princípios e valores; e refletir criticamente os próprios conhecimentos, crenças e valores (HODSON, 2011).

De forma a alcançar o letramento científico crítico no contexto de educação CTSA, pode-se pensar no desenvolvimento de quatro níveis de sofisticação (*sensu* HODSON, 2004; 2011): 1) reconhecer as relações entre CTSA, identificando os impactos sociais da ciência e da tecnologia e a influência cultural sobre elas; 2) reconhecer que os interesses envolvidos no desenvolvimento científico e tecnológico, relacionando à distribuição de riqueza e poder para alguns à custa de prejuízos para outros; 3) avaliar e estabelecer pontos de vista próprios e posições de valor sobre a ciência e tecnologia; e 4) tomar decisões, preparar-se e agir sobre problemas socioambientais. Portanto, para o autor, o objetivo final de um currículo orientado para um letramento científico crítico é o desenvolvimento e aplicação de uma ação sociopolítica pelos discentes. As ações sociopolíticas ajudam a contextualizar o conhecimento adquirido e as discussões levantadas à problemas de relevância social identificados pelos próprios discentes. A partir de pesquisas concebidas e realizadas pelos próprios discentes, de forma a identificar soluções para os problemas e orientar a tomada de decisão por iniciativa de ativismo, o desenvolvimento e aplicação de uma ação sociopolítica contemplam os requisitos necessários para identificar o alcance de um letramento científico crítico (HODSON, 2011; REIS, 2013).

Como exemplos de ações sociopolíticas podemos citar: organizar grupos de pressão política; realizar iniciativas educativas sobre o tema; participar de iniciativas de voluntariado; propor soluções inovadoras para o problema; e mudança dos próprios comportamentos (HODSON, 2011). Assim, o objetivo de um currículo de ensino de ciências voltado para um letramento científico crítico é a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis e ativistas sociais, capazes de dialogar criticamente, reconhecer os interesses e poderes por trás de decisões científicas e tecnológicas, e de ser participativo e crítico na sociedade, seja com ações individuais ou coletivas (CONRADO, 2017; HODSON, 2011).

Dessa forma, interpretamos um cidadão socioambientalmente responsável como aquele capaz de dialogar criticamente com o passado e com o presente, de questionar a autoridade, de confrontar-se com as relações de poder, de reconhecer forças que neguem a justiça social, econômica e política, de ser ativo e crítico nas esferas públicas local, nacional e global, compreendendo as relações entre elas (GIROUX; GIROUX, 2006). A

cidadania, portanto, demanda participação política, ativismo, engajamento cultural, entre outros aspectos relacionados à transformação do sujeito num cidadão global e num agente socioambientalmente responsável (GIROUX, 2004). Para que essa formação para cidadania seja realizada no ensino, é importante que os futuros professores tenham contato com essas discussões teóricas e práticas em sua formação, além de compreenderem as estratégias para alcançá-la (MARTÍNEZ, 2012; CONRADO, 2017).

Para avaliar o alcance do letramento científico crítico, utilizamos o modelo desenvolvido por Conrado (2017), no qual propõe parâmetros para avaliar o alcance de cada um dos quatro níveis de letramento científico crítico de Hodson (2004; 2011), por meio de uma gradação de 0 a 3, conforme descritos no Quadro 5.

Quadro 5: Parâmetros para avaliar o alcance de letramento científico crítico. Fonte: Conrado (2017).

Nível	Estágio 0	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3
1. Reconhecimento de relações CTSA	Não percebe conexões e compartimentaliza questões e conhecimentos entre C, T, S, A na QSC	Indica benefícios da ciência e da tecnologia sobre sociedade e ambiente (perspectiva salvacionista)	Aponta demandas da sociedade sobre a ciência e a tecnologia ou impactos da ciência e da tecnologia sobre a sociedade e o ambiente	Reconhece que ciência e tecnologia são, em certa medida, culturalmente determinadas, indicando relações mútuas entre conhecimentos de C, T, S, A
2. Reconhecimento da influência de interesses e do poder no desenvolvimento científico e tecnológico	Assume neutralidade da ciência e da tecnologia ou não explicita valores e interesses envolvidos na atividade científica e tecnológica	Indica a influência de interesses de determinados grupos sociais no desenvolvimento científico e tecnológico	Explicita que a influência do poder, na ciência e na tecnologia, pode gerar consequências negativas para indivíduos, sociedades e ambientes	Reconhece que as atividades científica e tecnológica ocorrem sob interesses de particulares, para benefícios de alguns, às custas de outros, encontrando exemplos na QSC
3. Capacidade para abordar criticamente controvérsias, explicitar valores, e para juízo ético	Não aponta controvérsias e valores distintos envolvidos nas relações entre CTSA e na QSC	Menciona a presença de diferentes valores e pontos de vista envolvidos na QSC	Questiona juízos, valores e decisões próprias e dos outros	Analisa criticamente contradições e coerência entre valores e condutas para formular sua própria opinião e juízo moral, justificados de modo fundamentado
4. Capacidade para tomada de decisão e para ações sociopolíticas	Não toma decisões sobre a QSC	Toma decisões desconsiderando consequências, prós e contras de ações e propostas	Toma decisões, considerando implicações, prós e contras e efeitos de ações e propostas	Toma decisões socioambientalmente responsáveis e parte para a ação, buscando coerência entre conhecimentos, valores, objetivos e condutas

Uma vez que a ferramenta proposta por Conrado (2017) foi desenvolvida para avaliar tomada de decisão, a partir do uso de QSC, e não a ação sociopolítica em si, utilizamos de forma complementar a ferramenta desenvolvida por Paiva (2019), para investigar o alcance da expectativa de ensino relacionada à produção da ação sociopolítica pelos discentes, considerando três critérios específicos (Quadro 6). Essa ferramenta utiliza o conceito de alterização negativa para indicar marginalização, subjugação e exclusão de um grupo de indivíduos rotulados e categorizados como “outro”, a partir de determinados marcos sócio-históricos (ARTEAGA et al., 2015; PAIVA, 2019). No caso desta pesquisa, a alterização negativa é caracterizada pela marginalização e culpabilização das pessoas acima do peso.

Quadro 6: Ferramenta de análise sobre as capacidades de proposição de ação sociopolítica. Fonte: Paiva (2019)

Critério	Assertivas de análise
Apresentação geral da proposição de ação sociopolítica	A proposição apresenta uma introdução fundamentada em conceitos e dados relacionados à temática sobre a qual se propõe agir.
	A proposição é bem justificada do ponto de vista social, científico, ético, político e ambiental.
Relevância social da ação sociopolítica proposta	A proposição apresenta relação evidente com questões de alterização negativas presentes na sociedade atual.
	A proposição apresenta compromisso com a promoção de mudança de valores, discursos e práticas que geram alterização negativa.
Possibilidades de aplicação da ação sociopolítica proposta	A proposição é exequível, em condições sociais, econômicas e contextuais dos proponentes.
	A proposição apresenta uma descrição compreensível e detalhada de aspectos metodológicos relacionados à ação.

De acordo com Paiva (2019), ainda que essa ferramenta tenha sido validada por pares, ela possui limitações, pois não abarca todas as capacidades de proposição de ações sociopolíticas. Nesse sentido, para a autora, pode-se acrescentar outros critérios, tais como: a consideração de uma perspectiva dialógica com os grupos sociais ligados à ação; o reconhecimento de alteridade e o questionamento de injustiças; ou a potencialidade da ação para alcançar as pessoas de poder/tomadores de decisões e para promover parcerias com grupos ativistas institucionalizados. O presente estudo não realizou as mudanças sugeridas, optando pelo uso da ferramenta em sua proposta original, devido à falta de

tempo hábil para realizar um processo de validação adequada, anteriormente à análise de dados. Ademais, realçamos a importância de refinar a ferramenta de forma a abarcar esses outros critérios para alcançar uma análise mais completa das capacidades das ações sociopolíticas.

CAPÍTULO 4: DESENVOLVIMENTO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN E DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ENVOLVENDO “HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE”

O presente capítulo tem como objetivo apresentar os principais resultados da fase de pesquisa preliminar do design educacional: os princípios de design e a intervenção educacional. Após a revisão de literatura sobre os temas teóricos, apresentados nos Capítulos 1 e 2, e a partir do diálogo com a professora colaboradora e com o grupo de pesquisa em Ensino de Biologia, foi construída a estrutura conceitual e pedagógica que orientou a elaboração dos princípios de design e, conseqüentemente, o desenvolvimento do primeiro protótipo da SD.

Dessa forma, na primeira seção, apresentaremos os cinco princípios de design elaborados para desenvolvimento de uma proposta de um ensino de epigenética que promova, a partir do uso de uma QSC sobre herança epigenética da obesidade, letramento científico crítico e contribua para a superação do genocentrismo, no contexto de formação de professores de Biologia. Cada um dos princípios foi descrito de acordo com a formulação proposta por Sarmiento (2016), baseada na sistematização de Van Den Akker (1999), apresentada no capítulo anterior.

Em seguida, na segunda seção, apresentaremos o primeiro protótipo da SD desenvolvida colaborativamente, a partir desses princípios de design. A SD tem como base uma QSC envolvendo evidências empíricas de transmissão de marcadores epigenéticos responsáveis pelo aumento da tendência à obesidade nos descendentes de pais obesos (GRANDJEAN et al., 2015; HUYPENS et al., 2016), e as diversas relações que o tema possui com questões científicas, sociais, políticas, econômicas e éticas (HEIL et al., 2017; KENNEY; MÜLLER, 2016). A estrutura da SD foi desenvolvida mediante o modelo pedagógico desenvolvido por Conrado (2017), a fim de alcançar os quatro níveis de letramento científico de Hodson (2011) através da estratégia das cinco fases. As aulas serão descritas de forma detalhada, realçando seus objetivos de ensino e objetivos CPA de aprendizagem.

4.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN

Como explorado no capítulo anterior, os princípios de design são enunciados heurísticos construídos com a intenção de orientar o planejamento de intervenções educacionais, podendo ser de natureza substantiva (*i.e.* conhecimento acerca das

características das intervenções) ou de natureza procedimental (*i.e.* conjunto de atividades promissoras no desenvolvimento de intervenções efetivas e funcionais) (PLOMP, 2009; SEPULVEDA et al., 2016). São produtos esperados de uma pesquisa sistemática de design educacional, a partir de aplicações em variados contextos, avaliando seus sucessos e limites através de uma comparação entre a aprendizagem planejada na intervenção e a aprendizagem efetivamente alcançada em sala de aula. O desenvolvimento e a validação de princípios de design através de uma pesquisa sistemática são essenciais para a aplicação de inovações educacionais em diferentes contextos (NIEVEEN.; MCKENNEY; VAN DEN AKKER, 2006).

Relembrando a adaptação da questão geral proposta por Plomp (2009), a partir da validação dos princípios de design, esperamos responder a seguinte pergunta de pesquisa: “Quais características de uma sequência didática (SD), abordando a herança epigenética da obesidade, possuem o potencial de promover uma superação da visão genecêntrica e o alcance do letramento científico crítico, no contexto de uma disciplina de Genética na formação de professores de Biologia?”

Para responder a essa pergunta, desenvolvemos, mediante análise da literatura, cinco princípios de design para o planejamento de um primeiro protótipo da SD. Assim, enunciado pela estrutura de design educacional, temos a seguinte orientação:

Para construir uma sequência didática para a aprendizagem sobre epigenética, com o propósito de promover uma superação da visão genecêntrica e do alcance do letramento científico crítico, no contexto de uma disciplina de Genética na graduação em Ciências Biológicas, aconselhamos:

1. Abordar o campo da epigenética, realçando sua importância na compreensão da interação entre fatores genéticos e ambientais, de forma a contrapor com as características e as consequências do campo da genética mendeliana clássica, com o propósito de promover uma compreensão crítica sobre o desenvolvimento de características nos organismos. Tal princípio pode ser alcançado através da revisão da genética mendeliana, problematizando suas premissas em relação à interação entre gene e ambiente e sua limitação em explicar características multifatoriais, para, em seguida, apresentar o campo da epigenética como peça fundamental para compreender a complexidade dessa interação e discutir suas implicações para compreender o desenvolvimento de características além do determinismo e reducionismo genético. Acreditamos que esse princípio seja importante devido às influências do campo da epigenética na complexidade da interação do ambiente no desenvolvimento das

características dos organismos (JABLONKA; LAMB, 2010). Dessa forma, a epigenética desafia a visão genocêntrica, bem como o determinismo e reducionismo genético, ao propor uma maior integração dos fatores ambientais ao desenvolvimento de características através de mecanismos moleculares.

2. Examinar os mecanismos que viabilizam a herança epigenética transgeracional e a possibilidade de transmissão, para a próxima geração, de fatores adquiridos ao longo da vida do organismo, a fim de promover uma apropriação do conceito de herança biológica que abranja o campo da epigenética. Como meio de alcançar tal princípio, sugerimos a discussão do poder explanatório da herança genética mendeliana, problematizando sua perspectiva reducionista a mecanismos exclusivamente genéticos. Sugerimos a promoção de exercícios de tomada de consciência da pluralidade de formas de pensar herança e seu valor pragmático, tal como propõe a teoria de perfis conceituais (MORTIMER, 2000). Dentro dessa perspectiva, é importante reconhecer que o conceito de herança biológica está intrinsicamente ligado ao discurso da genética mendeliana. Essa visão permeia a maioria dos livros didáticos de Biologia (BONDURIANSKY, 2012). Entretanto, crescentemente essa visão vem sendo confrontada com evidências sobre a influência de fatores não genéticos na herança biológica. Dessa forma, diversos autores aconselham uma visão pluralista do conceito de herança, a fim de adquirir uma compreensão mais ampla sobre os processos e mecanismos que regem o fenômeno de herança (MAMELI, 2005).

3. Abordagem da controvérsia em relação ao potencial ambivalente da epigenética para manter o *status quo* ou promover justiça socioambiental, através de uma questão sociocientífica (QSC), de modo a promover uma reflexão crítica do campo da epigenética e seu potencial em oferecer explicações de como fatores socioambientais podem interferir na saúde, a fim de proporcionar medidas de política pública. Em termos procedimentais, pode-se utilizar casos que propiciem o exame de aspectos científicos, sociais, políticos e éticos e o posicionamento dos estudantes em sua resolução. Esse princípio foi estabelecido devido às crescentes evidências da herança epigenética transgeracional (HUYPENS et al., 2016; ROBERT, 2017), sendo apontada em diversos estudos como um fator relevante a ser considerado para compreender fenômenos de saúde público e promover medidas de prevenção e tratamento (OHLINGER, 2012; VAN DIJK et al., 2015). Sendo as modificações epigenéticas passíveis de reversão, a sua compreensão pode auxiliar a elaboração de políticas públicas (NICULESCU, 2011). Entretanto, a epigenética pode também ser usado para

aumentar estigmatização de indivíduos ao sobrecarregar a responsabilidade individual (MÜLLER et al., 2017). Dessa forma, visualizar de forma crítica as relações CTSA pode aprimorar a compreensão sobre o papel da herança epigenética transgeracional em alcançar propostas sociopolíticas visando uma justiça socioambiental (KENNEY; MÜLLER, 2016; MELONI, 2018).

4. Examinar as relações CTSA envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade, enfocando as limitações de medidas exclusivamente individuais e a necessidade de uma interpretação sociopolítica do fenômeno para alcançar resoluções mais eficazes, e considerando as implicações morais relacionadas à estigmatização e culpabilização de indivíduos acima do peso. Apostamos que essa característica possa promover uma melhor compreensão das questões sociais, culturais, políticas, econômicas, éticas e emocionais envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade e conduzir para um posicionamento mais crítico sobre a eficiência de suas estratégias e medidas. Em termos procedimentais, pode ser realizado por meio da discussão da QSC de “herança epigenética da obesidade”, com discussões em que discentes sejam estimulados a reconhecer as diversas influências e relações que permeiam a prevenção e tratamento da obesidade, bem como os interesses e valores envolvidos e as consequências psicológicas e emocionais das medidas desenvolvidas nas pessoas acima do peso, para, a partir disso, propor soluções adequadas e eficazes para as questões levantadas. Consideramos esse princípio importante, devido ao fato do aumento da taxa de obesidade no país e no mundo ser vinculado a diversos fatores, que vão muito além das decisões pessoais, tais como desigualdade social, acesso a alimentos saudáveis, globalização cultural, lobby⁴⁷ da indústria alimentícia e sua influência na política, etc. (MCLAREN, 2007; WELLS, 2012). Além disso, as consequências da prevenção e tratamento da obesidade podem levar ao pânico moral, estigmatizando indivíduos acima do peso e abalando-os psicologicamente (GARD; WRIGHT, 2005). Esses fatores devem ser levados em consideração para uma compreensão mais crítica sobre a obesidade, para que se alcance resoluções mais eficazes.

⁴⁷ Utilizamos a forma não traduzida da palavra no material como forma de padronizar a expressão utilizada nas matérias selecionadas.

5. Desenvolver um conjunto de casos da QSC sobre “herança epigenética da obesidade” visando promover estímulos para um letramento científico crítico em relação à QSC. Propomos de casos que exijam que os discentes mobilizem as diversas relações CTSA envolvidas na QSC para responder e propor soluções para os problemas levantados em cada caso, utilizando a estratégia das cinco fases (*sensu* CONRADO, 2017) a fim de alcançar, ao fim da SD, o desenvolvimento e aplicação de uma ação sociopolítica pelos discentes. A razão para promovermos a proposta de ensino dessa característica é o pressuposto de que a adoção da estratégia das cinco fases (CONRADO, 2017) pode favorecer a implementação da abordagem de QSC, através de casos que, gradativamente, proporcionem independência intelectual e autonomia pessoal nos estudantes, bem como o alcance dos quatro níveis de letramento científico (HODSON, 2004; 2011).

A seguir, apresentamos os princípios de design supracitados organizados no Quadro 7, de forma a explicitar seus propósitos (Y), suas características (A), seus procedimentos (K) e os argumentos (P) que os sustentam. Além disso, o quadro inclui as expectativas de ensino atribuídas a cada princípio, que serão analisadas para, mediante seu alcance, validá-los.

Quadro 7: Princípios de design desenvolvidos para a Sequência Didática sobre “Herança epigenética da obesidade”.

#	PROPÓSITO (Y)	CARACTERÍSTICA DA INTERVENÇÃO (A)	PROCEDIMENTOS (K)	ARGUMENTOS (P)	EXPECTATIVAS DE ENSINO
1	Promover uma compreensão crítica sobre o desenvolvimento de características nos organismos.	Abordagem do campo da epigenética, realçando sua importância na compreensão da interação entre fatores genéticos e ambientais, de forma a contrapor com as características e as consequências do campo da genética mendeliana clássica.	Revisão da genética mendeliana, problematizando suas premissas em relação à interação entre gene e ambiente e sua limitação em explicar características multifatoriais, para, em seguida, apresentar o campo da epigenética como peça fundamental para compreender a complexidade dessa interação e discutir suas implicações para compreender o desenvolvimento de características além do determinismo e reducionismo genético.	A visão genecêntrica dos organismos foi consolidada como corrente principal da ciência biológica ao longo do século XX, principalmente com os avanços da genética molecular (WATSON; CRICK, 1953; CRICK, 1970). Dentro dessa perspectiva, o determinismo genético pode ser definido como a tese de que as características de um organismo são inteiramente o resultado causal de seus genes. Por outro lado, o reducionismo genético, ainda que reconheça a interação com outros fatores não-genéticos, estabelece que os fatores genéticos possuem uma influência dominante no desenvolvimento de fenótipos (WACHBROIT, 2002). Essas ideias estão vinculadas, historicamente, a movimentos eugênicos e de racismo científico (LEWONTIN, 2000). Entretanto, o campo da epigenética vem, desde o início do século XXI, realçando a importância e a complexidade da interação do ambiente no desenvolvimento das características dos organismos (JABLONKA; LAMB, 2010). Dessa forma, a epigenética desafia a visão genecêntrica, bem como o determinismo e reducionismo genético, ao propor uma maior integração dos fatores ambientais ao desenvolvimento de características através de mecanismos moleculares.	a) Possibilitar que os discentes compreendam a epigenética a partir da relação causal entre genótipo, fenótipo e ambiente na determinação de características distintas b) Promover uma reflexão crítica em relação aos discursos deterministas e/ou reducionistas
2	Promover o reconhecimento da pluralidade de formas de pensar herança biológica e uma apropriação do conceito que abranja o campo da epigenética.	Examinar os mecanismos que viabilizam a herança epigenética transgeracional e a possibilidade de transmissão, para a próxima geração, de fatores adquiridos ao longo da vida do organismo.	Discussão do poder explanatório da herança genética mendeliana, problematizando sua perspectiva reducionista a mecanismos exclusivamente genéticos, através de exemplos de herança não genéticas, reconhecendo a pluralidade de formas de pensar herança e seu	A teoria dos perfis conceituais leva em consideração a coexistência de diferentes formas de pensar um conceito em cada indivíduo (MORTIMER, 2000). Dessa forma, aprender um conceito científico no ensino de ciências é compreendê-lo em uma determinada zona de perfil conceitual referente ao discurso científico. Dentro dessa perspectiva, é importante reconhecer que o conceito de herança biológica está intrinsicamente ligado ao discurso da genética mendeliana. Essa visão permeia a maioria dos livros didáticos de Biologia (BONDURIANSKY, 2012). Entretanto, crescentemente essa visão vem sendo confrontada com evidências sobre a influência de fatores não genéticos na herança biológica. Dessa forma, diversos autores aconselham uma visão	a) Possibilitar que os discentes alcancem um conceito de herança biológica que inclua os fatores epigenéticos.

			valor pragmático (MORTIMER, 2000).	pluralista do conceito de herança, a fim de adquirir uma compreensão mais ampla sobre os processos e mecanismos que regem o fenômeno de herança (MAMELI, 2005). Reis (2017) estabelece quatro zonas de perfil conceitual do conceito de herança biológica: naturalização pelo nascimento; fatalismo pelo sangue; preformacionismo genético; e epigênese. Espera-se que os discentes alcancem a quarta zona, a fim de compreender que padrões de herança biológica vão além da herança genética.	
3	Promover uma reflexão crítica do campo da epigenética e seu potencial em oferecer explicações de como fatores socioambientais podem interferir na saúde, a fim de proporcionar medidas de política pública.	Abordagem da controvérsia em relação ao potencial ambivalente da epigenética para manter o <i>status quo</i> ou promover justiça socioambiental, através de uma QSC.	Uso de casos que propiciem o exame de aspectos científicos, sociais, políticos e éticos e o posicionamento dos estudantes em sua resolução.	Evidências crescentes da herança epigenética transgeracional (HUYPENS et al., 2016; ROBERT, 2017) em diversos estudos apontam como um fator relevante a ser considerado para compreender fenômenos de saúde público e promover medidas de prevenção e tratamento (OHLINGER, 2012; VAN DIJK et al., 2015). Sendo as modificações epigenéticas passíveis de reversão, a sua compreensão pode auxiliar a elaboração de políticas públicas (NICULESCU, 2011). Entretanto, a epigenética pode também ser usado para aumentar estigmatização de indivíduos ao sobrecarregar a responsabilidade individual (MÜLLER et al., 2017). Dessa forma, visualizar de forma crítica as relações CTSA, podem aprimorar a compreensão sobre o papel da herança epigenética transgeracional em alcançar propostas sociopolíticas visando uma justiça socioambiental (KENNEY; MÜLLER, 2016; MELONI, 2018)	a) Favorecer o reconhecimento de valores nos discursos sobre a herança epigenética da obesidade. b) Estimular os discentes a se posicionarem em prol de valores de justiça socioambiental.
4	Promover uma compreensão crítica das questões sociais, culturais, políticas, econômicas, éticas e emocionais envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade e conduzir para um posicionamento mais crítico sobre a eficiência de suas	Examinar as relações CTSA envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade, enfocando as limitações de medidas exclusivamente individuais e a necessidade de uma interpretação sociopolítica do fenômeno para alcançar resoluções mais eficazes, e	Discussão da QSC de “herança epigenética da obesidade”, com discussões em que os discentes sejam estimulados a reconhecer as diversas influências que permeiam a prevenção e tratamento da obesidade, bem como os interesses e valores envolvidos e as consequências psicológicas e emocionais das medidas desenvolvidas nas pessoas acima do peso, para, a partir disso, propor soluções	O aumento da taxa de obesidade no país e no mundo é vinculado a diversos fatores, que vão muito além das decisões pessoais, tais como desigualdade social, acesso a alimentos saudáveis, globalização cultural, lobby da indústria alimentícia e sua influência na política, etc. (MCLAREN, 2007; WELLS, 2012). Além disso, as consequências da prevenção e tratamento da obesidade podem levar ao pânico moral, estigmatizando indivíduos acima do peso e abalando-os psicologicamente (GARD; WRIGHT, 2005). Esses fatores devem ser levados em consideração para uma compreensão mais crítica sobre a obesidade, para que se alcance resoluções mais eficazes.	a) Favorecer a análise do contexto histórico e de aspectos ideológicos, culturais, políticos, sociais, éticos e emocionais que influenciam a obesidade em nossa sociedade. b) Orientar os discentes a reconhecerem estratégias e medidas de prevenção e tratamento da obesidade que sejam eficazes e inclusivas, considerando a herança epigenética da obesidade.

	estratégias e medidas.	considerando as implicações morais relacionadas à estigmatização e culpabilização de indivíduos acima do peso.	adequadas e eficazes para as questões levantadas.		
5	Promover estímulos para um alcance do letramento científico crítico em relação à QSC.	Desenvolver um conjunto de casos da QSC sobre “herança epigenética da obesidade”.	Uso de casos que exijam que os discentes mobilizem as diversas relações CTSA envolvidas na QSC para responder e propor soluções para os problemas levantados em cada caso, utilizando a estratégia das cinco fases (<i>sensu</i> CONRADO, 2017) a fim de alcançar, ao fim da SD, o desenvolvimento e aplicação de uma ação sociopolítica pelos discentes.	A adoção da estratégia das cinco fases (CONRADO, 2017) pode favorecer a implementação da abordagem de QSC, através de casos que, gradativamente, proporcionem independência intelectual e autonomia pessoal nos estudantes, bem como o alcance dos quatro níveis de letramento científico (HODSON, 2004; 2011).	a) Possibilitar que os discentes se envolvam no desenvolvimento de ações sociopolíticas.

4.2 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Um dos principais aspectos do design educacional na construção da proposta pedagógica é sua natureza colaborativa. Considerando fundamental o saber docente para viabilização da proposta no contexto real da sala de aula, a parceria de pesquisadores com professores vinculados ao contexto pretendido para desenvolver a proposta de forma bilateral pode auxiliar na diminuição da lacuna entre pesquisa e prática educacional (SEPÚLVEDA; ALMEIDA, 2016).

Especializada no estudo de câncer e genética, o conhecimento da professora colaboradora foi de extrema relevância para o desenvolvimento da SD, principalmente por seu pensamento crítico em relação a temas como determinismo e reducionismo genético e formação para cidadania, compatíveis com a natureza do tema do projeto. Além disso, sua contínua busca por atualização de conteúdo e práticas didáticas inovadoras promoveu uma relação de interesse mútuo para o desenvolvimento da pesquisa. Através de reuniões presenciais, o pesquisador e a professora colaboradora compartilharam seus conhecimentos teóricos e práticos para construir uma SD capaz de alcançar os princípios de design sistematizados no presente projeto.

Reconhecemos que, para superar um ensino exclusivamente conceitual, é importante considerar as outras dimensões do conteúdo – procedimentais e atitudinais – enquanto planeja uma intervenção pedagógica. Para Zabala (1998), os conteúdos de aprendizagem não se reduzem unicamente às contribuições das disciplinas tradicionais, mas todos aqueles elementos que possibilitam o desenvolvimento de capacidades motoras, afetivas, da relação interpessoal e da inserção social.

As dimensões conceitual, procedimental e atitudinal (CPA) de um conteúdo são intimamente interligadas, e sua separação é meramente artificial e metodológica, a fim de auxiliar na aprendizagem de um conteúdo de forma integral. A dimensão conceitual refere-se predominantemente a um campo epistemológico, podendo ser compreendida a partir das categorias: fatos, conceitos e princípios. A dimensão procedimental refere-se predominantemente a um campo metodológico e pode ser compreendida a partir das categorias: técnicas, procedimentos e métodos. Por fim, a dimensão atitudinal refere-se predominantemente a um campo axiológico e ético-político, podendo ser compreendida a partir das categorias: valores, normas e atitudes (CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Ao considerar as três dimensões de um conteúdo, permite-se um ensino não apenas de conhecimentos, mas também de habilidades, valores e atitudes, favorecendo uma aprendizagem que supere uma perspectiva tradicional-tecnicista hegemônica na

educação científica (MARTÍNEZ; CARVALHO, 2012). Para Conrado (2017), considerar tais dimensões é compatível para uma formação integral dos discentes enquanto indivíduos engajados em participação social, com base na perspectiva da educação CTSA.

A SD desenvolvida tem como objetivo uma estrutura curricular condizente com a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis (GIROUX, 2004). Para isso, os conteúdos de aprendizagem foram organizados de forma progressiva, em que as dimensões conceituais e procedimentais permeiam o início e o desenvolvimento da SD, culminando no alcance da dimensão atitudinal através dos três casos utilizados.

O uso de casos pode ser uma estratégia útil para abordar a QSC de forma a alcançar a dimensão atitudinal através da tomada de decisão pelos discentes (CONRADO, 2017; CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Casos podem ser definidos como histórias curtas, contendo personagens e, se possível, diálogos, que se aproximem dos contextos socioculturais dos discentes. O uso desse tipo de narrativa é um modo de explicitar diferentes interpretações, pontos de vista, crenças e juízos de valor, podendo contribuir para a sensibilização e engajamento do tema pelo discente (ZEIDLER et al., 2005; CONRADO, 2017).

Ao contextualizar a QSC em situações cotidianas, os casos podem, além de aumentar o interesse dos discentes pela ciência, promover habilidades de pensamento crítico, desenvolvimento moral e reflexão sobre as relações CTSA (ZEIDLER et al., 2005; KAHN; ZEIDLER, 2016). Para alcançar essas características, ao final de cada caso foram elaboradas questões desafiadoras e articuladas com dimensões sociais, políticas e emocionais para sua resolução. Ademais, a fim de mobilizar adequadamente os objetivos CPA de aprendizagem propostos, utilizamos questões orientadoras para estruturar cada caso.

As questões orientadoras foram utilizadas a fim de mobilizar determinados aspectos, principalmente ao longo dos casos da QSC. Essas questões colocadas como perguntas sobre o caso e/ou sobre aspectos gerais da SD demandaram, dos discentes, ações condizentes com os objetivos de aprendizagem previamente definidos e relacionados (CONRADO, 2017). Para promover posicionamento dos discentes e discussão sobre valores envolvidos no caso, as questões orientadoras utilizadas na elaboração da SD propõem direcionar os discentes, ao longo da intervenção pedagógica, a tomarem decisões.

Como parte de estratégia de discussões em grupos, as questões orientadoras têm o potencial de dirigir a atenção dos discentes para a natureza do problema, as possíveis soluções e estimular um debate crítico acerca dos valores que fundamentam as diferentes soluções (FULLICK; RATCLIFFE, 1996). Dessa forma, constituem um meio para fomentar processos dialógicos e de argumentação em ambientes de aprendizagem. A partir de uma progressão de graus de profundidade sobre a discussão de determinados aspectos do caso, as questões orientadoras podem guiar a discussão de questões mais gerais a mais específicas, se aprofundando nos conteúdos propostos. Ao longo das discussões, novas questões poderão ser elaboradas pelos próprios discentes ou sugeridas pelos professores, de acordo com os objetivos de aprendizagem estabelecidos (CONRADO, 2017). Portanto, as questões orientadoras, associadas aos objetivos de aprendizagem, organizam o trabalho docente para aplicação da intervenção a partir dos casos da QSC. Tais objetivos foram organizados levando em consideração as três dimensões dos conteúdos CPA de aprendizagem (ZABALA, 1998; CONRADO; NUNES-NETO, 2018).

Dessa forma, para alcançar os princípios de design, utilizamos como estrutura organizativa o modelo teórico de Conrado (2017) para contexto pedagógico da Educação CTSA, composto por casos vinculados à QSC, questões orientadoras e os objetivos CPA de aprendizagem (Fig. 9).

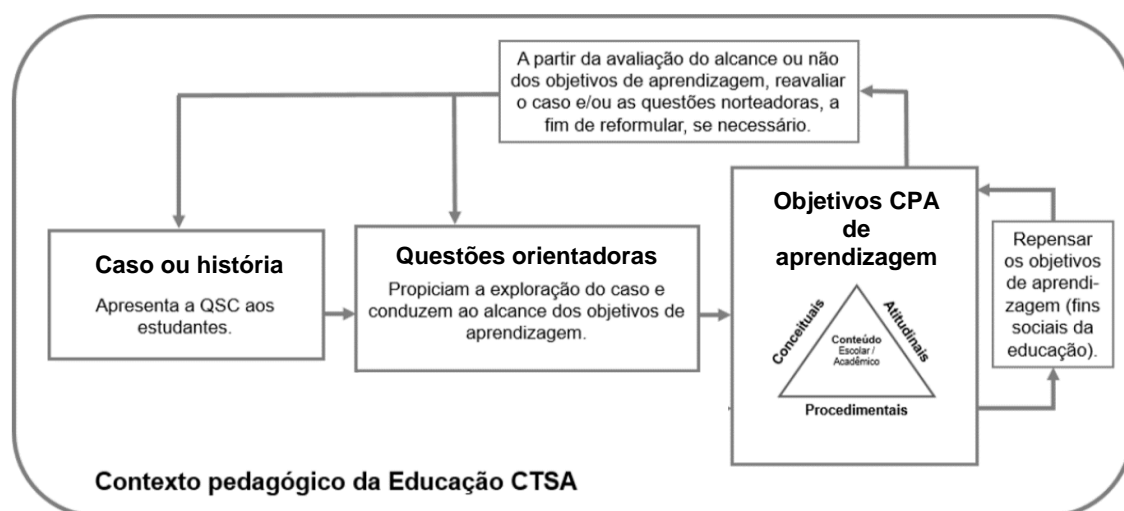


Figura 9: Representação da unidade básica do modelo adaptado de Conrado (2017): estrutura de três elementos (caso, questões orientadoras e objetivos CPA de aprendizagem) para abordagem de QSCs em sala de aula, a partir do contexto pedagógico da Educação CTSA.

Adotamos a estratégia das cinco fases como meio de favorecer a implementação do modelo teórico, de forma a habituar, progressivamente, os discentes a lidar com o

ensino e a aprendizagem de conteúdos nas dimensões CPA, a partir de casos sobre QSCs com questões orientadoras que fomentem o alcance de objetivos de aprendizagem explícitos (CONRADO, 2017). Desse modo, a SD se inicia com a *fase de preparo*, em que são apresentadas as bases para o uso de QSCs na Educação CTSA e a explicação de pré-requisitos para o alcance dos objetivos de ensino. Em seguida, três casos representam, cada um, uma das três fases: fase de modelagem, em que a resolução do caso é guiada pelo(a) professor(a); fase de prática guiada, em que o(a) professor(a) acompanha o processo de aprendizagem dos discentes; e fase de prática independente, em que os discentes possuem maior grau de autonomia para solucionar o caso, e o(a) professor(a) apenas monitora o processo de aprendizagem. Por fim, a SD se encerra com a fase de síntese, com discussões finais e conclusão, avaliando o aprendizado da intervenção pedagógica (Fig. 9).

A partir desse modelo, a estratégia das cinco fases também foi orientada para alcançar os quatro níveis de letramento científico de Hodson (2011), descritos no Capítulo 3. As fases de preparo e modelagem (primeiro caso) contribuem para o alcance dos dois primeiros níveis, introduzindo a Educação CTSA e o uso de QSCs dentro dessa perspectiva para compreender a influência de interesses e valores de grupos sociais que estão no poder no desenvolvimento científico e tecnológico. A fase de prática guiada (segundo caso) contribui para o terceiro nível do letramento científico crítico, induzindo à participação social, ao debate e ao posicionamento refletido e crítico. Por fim, a fase de prática independente (terceiro caso) e a fase de síntese, além de reforçar os três primeiros níveis, também estimulam a tomada de decisão e a execução de ações sociopolíticas.

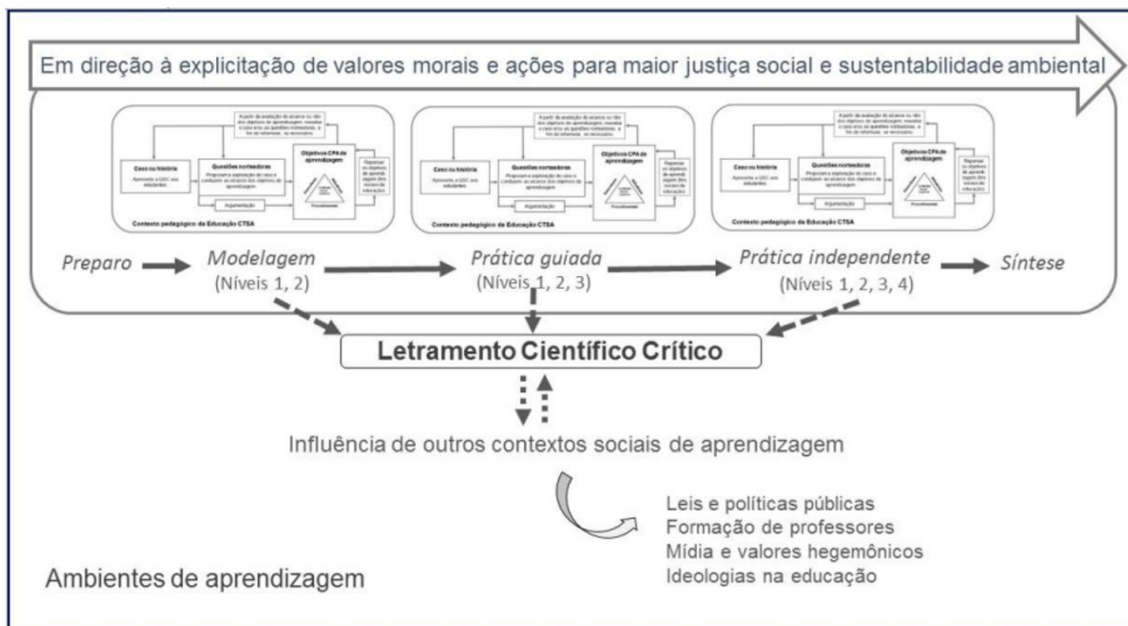


Figura 10: Uma representação do modelo proposto para o ensino de ciências a partir de QSCs no contexto da Educação CTSA. Fonte: Conrado (2017).

A SD foi desenvolvida para aplicação no contexto de discentes de licenciatura de Biologia e suas ações didáticas foram estruturadas para compor seis encontros: (1) Genótipo, fenótipo e ambiente; (2) Caso 1; (3) O campo da epigenética; (4) Caso 2; (5) Caso 3; (6) Apresentação de projetos de ação sociopolítica. No quadro 8 apresentamos a organização das ações didáticas de forma resumida, seus objetivos de ensino e seus objetivos de aprendizagem nas dimensões CPA, a quais estão descritas detalhadamente no quadro 9. Em seguida, explicaremos com mais detalhes a proposta para cada encontro da intervenção pedagógica.

Quadro 8: Organização e estrutura da Sequência Didática sobre “Herança epigenética da obesidade”.

Aula (tempo)	Ações didáticas	Objetivo didático	Objetivos de aprendizagem
1 (3h)	<p>Através de uma aula expositiva, será apresentado o papel do ambiente na interação sobre o desenvolvimento de características em seres vivos, discutindo sobre sua implicação no modo como compreendemos a relação entre genótipo e fenótipo.</p> <p>Em seguida, serão lembrados conceitos e características da herança mendeliana clássica, relacionando com a visão determinista da genética. A partir disso, será problematizado o conceito de herança biológica, demonstrando sua polissemia através de exemplos de outros tipos de transmissão de características, como através de fatores epigenéticos e ambientais. Através da discussão, será demonstrada a importância de levar em consideração a natureza multifatorial da herança biológica para compreender a herança das características biológicas nos organismos.</p>	Refletir sobre a interação do ambiente no desenvolvimento do fenótipo a partir do genótipo e suas implicações para o conceito de herança biológica.	C1, P1, A1
2 (2h)	<p>Será apresentado aos discentes a proposta e os objetivos da sequência didática que se espera mobilizar, definindo os conceitos e explicando a importância da utilização de QSC através de uma abordagem CTSA no ensino, a fim de alcançar um letramento científico crítico.</p> <p>Em seguida, será apresentado o caso 1 aos discentes, abordando as preocupações de Julia e Paulo sobre as notícias relacionadas à herança epigenética da obesidade e suas questões sobre adiar ou não a gravidez. A partir da leitura do caso e das matérias envolvidas, será aberta uma discussão em sala de aula com a turma para responder as perguntas levantadas no final do caso, utilizando as questões orientadoras como auxílio para orientar a discussão e os conteúdos mobilizados. O acompanhamento com o(a) professor(a) é essencial para que os alunos compreendam a atividade e a dinâmica das próximas aulas, além de explorar as interpretações e concepções prévias dos discentes.</p> <p>Após a resolução do caso pelo(a) professor(a) e pelos discentes, será discutido sobre o alcance dos objetivos de aprendizagem e a importância da mobilização de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para a participação na resolução de QSCs.</p>	Apresentar aos alunos a abordagem CTSA utilizando QSCs e sua importância no alcance do letramento científico crítico, para, em seguida, familiarizar os discentes com a história de Julia e Paulo e ouvir suas interpretações e posicionamentos sobre o caso e as questões propostas.	C2, C3, C5, P2, P3, P4, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8
3 (3h)	<p>Através de uma aula expositiva, será explanado o campo de estudo da epigenética para os discentes. Primeiramente serão apresentados seus aspectos históricos, desde sua origem com o cientista Conrad H. Waddington (1942) e sua importância na biologia do desenvolvimento e na diferenciação celular, até sua redefinição conceitual com estudos de expressão gênica e herança transgeracional. Após estabelecer o conceito mais adequado para se compreender a epigenética atualmente, serão apresentados seus principais mecanismos moleculares de ativação ou inativação dos genes: metilação de bases nitrogenadas (complexo CpG) e modificação de histonas.</p> <p>Em seguida, compreendendo como ocorre a marcação epigenética, serão discutidas as possíveis formas</p>	Apresentar como a expressão genética é influenciada através de mecanismos epigenéticos, como metilação de bases nitrogenadas e modificação de histonas, e como esses marcadores podem ser herdados para gerações seguintes.	C4, P1, A1, A4, A7

	de heranças dos marcadores epigenéticas, demonstradas através de evidências científicas de estudos recentes com herança de características como obesidade e estresse. Após finalizar a exposição do conteúdo, será realizada uma discussão com os alunos sobre os efeitos que a epigenética pode ter nos humanos e como isso altera o modo como compreendemos a herança, avaliando os conteúdos mobilizados no discurso dos alunos.		
4 (2h)	Será retomado o conteúdo da aula anterior, lembrando rapidamente os conceitos aprendidos sobre epigenética e herança, e discutido sobre como as questões sociais poderiam reproduzir as marcações epigenéticas, e, também, como as marcações epigenéticas poderiam reproduzir questões sociais. Após a discussão, será aplicado o caso 2 , em que Julia e Paulo, após mudarem seus hábitos para uma vida mais saudável, exploram as implicações sociais, econômicas e políticas da obesidade, e consideram a importância do uso do conhecimento sobre herança epigenética para propor medidas eficazes para sua prevenção e tratamento. Dessa vez, os grupos terão mais autonomia para guiar a discussão, sendo acompanhados pelo(a) professor(a) que, quando achar necessário, poderá intervir com questões para orientar a discussão.	Investigar e discutir o papel da sociedade na reprodução de características envolvidas em processos epigenéticos e, através do segundo caso, investigar as influências sociais, econômicas e políticas da obesidade.	C5, P3, P4, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8
5 (3h)	Será apresentado aos alunos a importância de alcançar um letramento científico crítico no ensino a fim de formar cidadãos socialmente responsáveis. Será lembrado o uso de QSC dentro da perspectiva CTS, para que os alunos compreendam a ligação entre essa estratégia de ensino e o seu potencial para estimular Ações Sociopolíticas. Será abordado o tema apresentando as bases teóricas utilizando o trabalho de Hodson (2011) e explorando exemplos de ações, como: organizar grupos de pressão política; realizar iniciativas educativas sobre o tema; participar de iniciativas de voluntariado; propor soluções inovadoras para o problema; e mudança dos próprios comportamentos. Em seguida, será apresentado o caso 3 , com a atividade que exige maior autonomia dos discentes para resolução das questões. A partir do caso, será pedido aos grupos para que proponham e desenvolvam um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética da obesidade, a ser apresentado na aula seguinte.	Explorar, com os discentes, os potenciais e estratégias para promoção de ação sociopolítica, e propor, através do terceiro caso, que se posicionem e desenvolvam em grupo uma proposta de ação sociopolítica abordando a questão da herança epigenética da obesidade.	C5, C6, C7, P3, P4, P5, P6, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8
6 (2h)	Cada grupo apresentará para a turma sua proposta de ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética na prevenção e tratamento da obesidade, para que os discentes possam realizar críticas e sugestões ao grupo. Os grupos serão avaliados pelo(a) professor(a) e pelos alunos através de um questionário de avaliação levando em conta determinadas características. Ao término de todas as apresentações, se encerrará a aula com um diálogo entre a turma e o(a) professor(a) avaliando o aprendizado na sequência didática, em termos de alcance dos objetivos de ensino e de aprendizagem, bem como considerações finais dos discentes. A partir das sugestões e críticas, o grupo deverá desenvolver seu projeto de ação sociopolítica e enviar ao(a) professor(a) em uma data previamente estabelecida para avaliação. Após finalizado o projeto, será incentivada a aplicação da ação sociopolítica com os alunos na comunidade.	Avaliar e discutir, em conjunto com toda a turma, as propostas desenvolvidas pelos grupos através de sugestões e críticas construtivas, além de dialogar com a turma sobre considerações finais da sequência didática.	C6, C7, C8, P5, P6, P7, P9, A2, A3, A6, A7, A8, A9

Quadro 9: Objetivos de aprendizagem considerando as dimensões conceitual, procedimental e atitudinal do conteúdo para a Sequência Didática sobre “Herança epigenética da obesidade”.

Dimensões do conteúdo	Objetivos de aprendizagem
Conceitual	<ol style="list-style-type: none"> 1. Relacionar e definir o conceito de herança biológica com os diferentes tipos de transmissão de características. 2. Definir conceitos de obesidade e sobrepeso, diferenciando-os e analisando sua validade. 3. Compreender o uso de Questões Sociocientíficas (QSC) no ensino com objetivo de associar relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) a fim de alcançar um letramento científico crítico. 4. Identificar os mecanismos epigenéticos, tais como metilação de bases nitrogenadas e modificação de histonas, e relacionar a influência do ambiente na expressão genética, bem como sua possível herança. 5. Identificar relações de interesse por trás das medidas de prevenção e tratamento da obesidade. 6. Reconhecer os potenciais e estratégias para a promoção de ação sociopolítica no ensino. 7. Relacionar as medidas políticas de prevenção e tratamento da obesidade com as informações provenientes da epigenética, e avaliar se são suficientes para mitigar a taxa de obesidade no país. 8. Refletir sobre o papel da mídia na recontextualização da informação científica e seu impacto social e político.
Procedimental	<ol style="list-style-type: none"> 1. Expor concepções e conhecimentos prévios sobre herança biológica. 2. Pesquisar e analisar matérias e documentos sobre o assunto e relacionar com as questões levantadas em sala de aula. 3. Discutir e deliberar em grupo sobre as questões apresentadas e se posicionar em relação às controvérsias e discussões em sala de aula. 4. Identificar e avaliar interesses e valores nos discursos, legislação e ações em relação à prevenção e tratamento da obesidade. 5. Relacionar a sobrecarga da responsabilidade individual em questões complexas como a culpabilidade e a estigmatização do indivíduo. 6. Investigar as medidas políticas de prevenção e tratamento da obesidade do país e relacionar com os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática. 7. Propor e desenvolver ações sociopolíticas, em grupo, visando considerar a herança epigenética como fator influente na prevenção e tratamento da obesidade. 8. Sintetizar e apresentar a proposta do grupo à turma, considerando críticas e sugestões dos outros discentes. 9. Avaliar e contribuir com críticas e sugestões as propostas apresentadas em sala de aula.

Atitudinal	<ol style="list-style-type: none">1. Colaborar com a turma para elaboração de um conceito de herança que abarque os diferentes tipos de transmissão de características.2. Trabalhar em equipe e respeitar os diferentes pontos de vista, sabendo dialogar de forma argumentativa a fim de compreender as razões que os fundamentam, e estabelecer pontos de consenso ou coexistência.3. Colaborar na troca de conhecimentos entre os grupos nas discussões.4. Respeitar normas estabelecidas nas discussões realizadas em sala de aula.5. Mostrar interesse pela execução das tarefas em sala de aula.6. Demonstrar responsabilidade em cumprimento de prazos e tarefas.7. Envolver-se em diálogos e discussões com o grupo e a turma, sabendo ouvir e contribuir de forma respeitosa8. Se posicionar criticamente em relação às políticas de prevenção e tratamento da obesidade e suas causas e consequências sociopolíticas, pautando-se em valores de justiça social.9. Apropriar-se da discussão da herança epigenética na prevenção e tratamento da obesidade através de uma ação sociopolítica, mobilizando as diversas questões que envolvem o tema.
-------------------	--

A primeira aula da SD foi dividida para, em um primeiro momento, o(a) professor(a) explicar aos alunos a proposta da pesquisa e entregar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para que os discentes leiam e, caso concordem em participar, assinem o documento e entreguem para o pesquisador responsável. Em seguida, a professora da disciplina apresentará de forma expositiva o papel do ambiente na interação entre o desenvolvimento de características dos seres vivos, discutindo com a turma sobre a relação entre genótipo e fenótipo. Através da discussão, serão lembrados conceitos e características da genética mendeliana clássica, relacionando com a visão determinista da genética e criticando suas limitações na interpretação de fenômenos biológicos.

A segunda aula se iniciará cumprindo a “Fase de Preparo” da estratégia das cinco fases (CONRADO, 2017), apresentando aos discentes a proposta e os objetivos da sequência didática que se espera mobilizar, definindo os conceitos e explicando a importância da utilização de QSC através de uma abordagem CTSA no ensino, a fim de alcançar um letramento científico crítico. Em seguida, será apresentado o *caso 1*⁴⁸ da QSC aos discentes, abordando as preocupações de Julia e Paulo sobre as notícias relacionadas à herança epigenética da obesidade e suas questões sobre adiamento da gravidez para evitar a transmissão de seus hábitos de vida para seus descendentes.

A partir da leitura do caso e das matérias envolvidas, será aberta uma discussão em sala de aula com a turma para responder as perguntas levantadas no final do caso, utilizando as questões orientadoras como auxílio para orientar as discussões e os conteúdos mobilizados. Cumprindo a “Fase de Modelagem”, nessa etapa é essencial o acompanhamento com o(a) professor(a) para que os alunos compreendam a atividade e a dinâmica das próximas aulas, além de explorar as interpretações e concepções prévias dos discentes. Após a resolução do caso pelo(a) professor(a) e pelos discentes, será discutido sobre o alcance dos objetivos de aprendizagem e a importância da mobilização de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para a participação na resolução de QSCs.

A terceira aula irá expor o campo de estudo da epigenética para os discentes. A aula se iniciará com uma introdução ao tema, relacionando diferenças fenotípicas entre gêmeos monozigóticos, discutindo sobre a influência do ambiente no desenvolvimento de características fenotípicas e sua relação com o genótipo. Para fomentar a discussão, serão mostradas duas imagens. A primeira será um gráfico comparando a probabilidade de

⁴⁸ Os casos estão disponíveis no Apêndice A.

determinadas características (altura, autismo, esquizofrenia, diabetes, etc.) serem compartilhadas por gêmeos monozigóticos e dizigóticos, organizando-as em um *continuum* entre influência ambiental e genética. A segunda imagem será uma comparação da diferença nas marcações epigenéticas moleculares de gêmeos monozigóticos em crianças de 3 anos e de adultos de 50 anos, evidenciando o acúmulo de marcações epigenéticas em locais diferentes do cromossomo ao longo da vida.

Após a discussão com os alunos, será utilizada uma abordagem histórica para investigar a origem do termo através do cientista Conrad H. Waddington (1942) e sua importância na biologia do desenvolvimento e na diferenciação celular, até sua redefinição conceitual com estudos de expressão gênica e biologia molecular. Após estabelecer o conceito mais adequado para se compreender a epigenética atualmente, serão apresentados, através de uma imagem, seus principais mecanismos moleculares de ativação ou inativação dos genes: metilação de bases nitrogenadas (complexo CpG) e modificação de histonas.

Para demonstrar a consequência dos marcadores epigenéticos, serão apresentados casos reais bem estudados para exemplificar aos discentes os efeitos da epigenética na formação de características fenotípicas. Priorizamos exemplos que possuíssem amplo suporte empírico e sejam interessantes didaticamente, tais como a diferença na coloração do gato tricolor (JABLONKA; LAMB, 2010), o desenvolvimento de abelhas rainhas e operárias (LYKO et al., 2010), a formação de estruturas de proteção em dáfias quando em ambientes com predadores (WEIDER; PIJANOWSKA, 1993) e a diferença morfológica entre gafanhotos solitários e gregários (ERNST et al., 2015). Por fim, será realizada uma discussão sobre os possíveis efeitos do ambiente nos mecanismos epigenéticos em humanos, tais como estilo de vida, alimentação, etc.

Compreendendo como ocorre a marcação molecular epigenética, serão discutidas as possíveis formas de heranças de tais mecanismos através de exemplos reais de estudos científicos (GROSSNIKLAUS et al., 2013; BHAT; ANUPA; GHOSH, 2015). Para incentivar a discussão e guiar a temática da aula para o tema da QSC, será utilizado o exemplo da herança epigenética da obesidade, demonstrando as evidências de estudos científicos sobre a transmissão de tal características em roedores (HUYPENS et al., 2016), e as implicações desse efeito em humanos e em como lidamos com o tratamento e prevenção da obesidade no mundo. Por fim, serão mostrados títulos de artigos científicos que buscam implementar o conhecimento

da herança epigenética da obesidade em políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade (NICULESCU, 2011; VAN DIJK et al., 2015), e títulos de matérias que utilizam tal conhecimento para estigmatizar e culpabilizar indivíduos (RICHARDSON et al., 2014).

A quarta aula retomará inicialmente o conteúdo da aula anterior, lembrando os conceitos aprendidos sobre epigenética e herança, para discutir sobre como as questões sociais poderiam influenciar as marcações epigenéticas humanas. Após a discussão, será aplicado o *Caso 2* da QSC, em que Julia e Paulo, após mudarem seus hábitos para uma vida mais saudável, exploram as implicações sociais, econômicas e políticas da obesidade, e consideram a importância do uso do conhecimento sobre herança epigenética para propor medidas eficazes para sua prevenção e tratamento. Junto com o caso, os discentes terão como base algumas matérias de divulgação científica previamente selecionadas para estimular o debate. Cumprindo as características da “Fase de Prática Guiada” da estratégia das cinco fases, os grupos terão mais autonomia para guiar a discussão, sendo acompanhados pelo(a) professor(a) que, quando achar necessário, poderá intervir com questões para orientar a discussão.

As matérias selecionadas para o *Caso 2* possuem caráter controverso pela sua forma de lidar com o assunto, reforçando a responsabilidade individual e culpabilizando mães e pais pela obesidade dos filhos através da herança epigenética. Espera-se que, a partir das discussões dos grupos, os discentes alcancem um posicionamento crítico sobre tais matérias, reconhecendo a opressão implícita no discurso e utilizando valores de justiça social para a resolução das questões levantadas pelo caso. Ao final da aula, os alunos terão que entregar a resposta para as perguntas, que serão utilizadas para a análise do alcance dos princípios de design.

A quinta aula se iniciará apresentando aos alunos a importância de alcançar um letramento científico crítico no ensino com objetivo de formar cidadãos socioambientalmente responsáveis. Será lembrado o uso de QSC dentro da Educação CTSA para que os alunos compreendam a ligação entre essa estratégia de ensino e o seu potencial para estimular ações sociopolíticas. Será abordado o conceito de letramento científico crítico apresentando as bases teóricas do trabalho de Hodson (2004; 2011) e explorando exemplos de ações sociopolíticas, tais como: organização de grupos de ações políticas; realização de iniciativas educativas sobre o tema para a população; participação em voluntariado; elaboração de soluções inovadoras para o problema; e mudanças no próprio comportamento. Por ser no contexto de formação de professores, acreditamos que seja essencial apresentar as bases teóricas utilizadas na SD de

forma mais explícita para que proporcione além do tema desenvolvido, a aprendizagem de um modelo pedagógico importante para repensar seu papel como futuros profissionais de educação⁴⁹.

Após a apresentação sobre as bases teóricas do letramento científico crítico para que os alunos compreendam o objetivo da SD, será apresentado o *Caso 3* e seus textos auxiliares. Essa última atividade cumprirá a “Fase de prática independente”, exigindo maior autonomia dos discentes para resolução das questões. A partir do caso, novamente envolvendo o casal Júlia e Paulo, será pedido aos grupos para que proponham e desenvolvam um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética da obesidade, a ser apresentado na aula seguinte.

Por fim, na sexta e última aula serão realizadas as apresentações dos grupos das propostas de ações sociopolíticas envolvendo herança epigenética da obesidade. Ao final de cada apresentação, será aberto uma roda de debate para discussão da proposta, incentivando aos outros discentes oferecer críticas e sugestões ao grupo. A partir disso, o grupo deverá desenvolver seu projeto de ação sociopolítica e enviar ao(a) professor(a) em uma data previamente estabelecida para uma segunda avaliação. Após finalizado o projeto, será incentivada a aplicação da ação sociopolítica com os alunos na comunidade local.

Ao término de todas as apresentações, se encerrará a aula com a “Fase de síntese”, concluindo a estratégia das cinco fases, através de um diálogo entre a turma e o(a) professor(a) avaliando o aprendizado na sequência didática, em termos de alcance dos objetivos de ensino e de aprendizagem, bem como considerações finais dos discentes.

Devido à SD desenvolvida necessitar apenas da compreensão de conceitos e processos básicos de genética, consideramos como pré-requisitos para sua aplicação que os alunos saibam: conceitos básicos sobre genética (cromossomo, gene, genótipo, fenótipo, mutação, alelo, transmissão, recessividade e dominância); conhecimento básico sobre genética molecular (estrutura e função do DNA, processos de replicação, transcrição e tradução); e conhecimento básico de biologia celular (diferenciação de célula somática e reprodutiva, mitose e meiose). A

⁴⁹ Nesse sentido, nos aproximamos no conceito de “simetria invertida” em que considera que se aprende a ser professor vivendo o papel do aluno, possibilitando se enxergar através do outro através das vivências e reflexões constantes sobre o aprender-ensinar-aprender (THOMÉ; STECANELA; KRAHE, 2007).

partir desses conceitos e processos, é possível alcançar uma melhor compreensão das ideias gerais da genética moderna (DUNCAN; ROGAT; YARDEN, 2009). De acordo com Duncan e colaboradores (2017), o ensino integrado de genética clássica e molecular pode auxiliar em uma progressão de aprendizagem em genética, conectando ideias necessárias para alcançar uma estrutura de conhecimento capaz de auxiliar na compreensão da epigenética. Ademais, realçamos a importância de repensar o currículo de genética de forma a não apenas incluir a SD proposta como apenas um adendo, mas a integrar o conhecimento da epigenética ao longo do currículo, além de considerar os conteúdos ensinados para além da dimensão conceitual, através de um ensino crítico e voltado para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis.

Além disso, a SD tem como objetivo formar professores capacitados a refletir sobre sua prática profissional, através da compreensão dos referenciais teóricos, e através da vivência desses referenciais em sala de aula. Espera-se que os futuros professores compreendam a importância de uma pedagogia voltada para cidadania (FREIRE, 2017; GIROUX, 1988) e de um ensino de genética que compreenda as interações entre gene e ambiente, e de um conceito de herança que considere os fatores não genéticos.

CAPÍTULO 5: VALIDAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA E DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN REFERENTES A UMA QUESTÃO SOCIOCIENTÍFICA SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE

Para validação de uma teoria de ensino ou de aprendizagem, Plomp (2009) considera essencial o estudo de intervenções educacionais. A partir dele, pode-se avaliar o alcance dos objetivos propostos pela intervenção, de acordo com as metodologias, abordagens e referenciais teóricos utilizados para o desenvolvimento da proposta (PAIVA, 2019). Assim, de forma a concluir o primeiro ciclo de prototipagem da pesquisa em design educacional, será apresentado, no presente capítulo, as análises de dados referentes à validação por pares da SD e à validação dos princípios de design, por meio da análise de interações discursivas em sala de aula, organizadas em episódios de ensino específicos.

Como alertado anteriormente, devido ao curto tempo disponível entre o desenvolvimento e a possibilidade de aplicar a SD em sala de aula, sua aplicação ocorreu sem o refinamento proveniente da validação por pares do material. Portanto, o objetivo deste capítulo é avaliar a adequação da SD e dos princípios de design aos seus objetivos, a partir da análise das respostas, críticas e sugestões propostas por professores e pesquisadores através da ferramenta de validação, e a partir da análise dos episódios de ensino ocorridos em sala de aula. Mediante essa avaliação, propomos alterações para refinar os princípios de design e a SD para um segundo protótipo (Apêndice C e D, respectivamente).

Assim, apresentaremos os resultados da validação por pares e dos princípios de design referentes a uma sequência didática sobre herança epigenética da obesidade, articulando o alcance de um letramento científico crítico e superação do genocentrismo, a partir da compreensão da interação entre gene e ambiente, e da transmissão de fatores não genéticos, no contexto de formação de professores de Biologia.

Devido ao fato de, no presente estudo, investigarmos apenas um ciclo de aplicação da SD, os resultados referentes à validação dos princípios de design, através da análise das interações discursivas em sala de aula, não podem ser generalizados para avaliar o potencial da intervenção de alcançar os objetivos educacionais, uma vez que essa etapa só pode ser realizada após vários ciclos de investigação – na fase de avaliação da pesquisa em design educacional (PLOMP, 2009). Assim, a análise a seguir, compondo a avaliação formativa da fase de

prototipagem, objetiva realizar reflexões acerca dos resultados parciais a fim de aperfeiçoar e refinar os princípios de design e a intervenção educacional (PLOMP, 2009).

5.1 VALIDAÇÃO POR PARES DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA⁵⁰

A Sequência Didática (SD) desenvolvida e apresentada no Capítulo 4 foi avaliada por professores e pesquisadores da área de ensino. A validação consistiu na análise da correspondência entre as ações didáticas planejadas e os objetivos de ensino e os objetivos CPA (conceituais, procedimentais e atitudinais) de aprendizagem propostos. A validação teve por objetivo analisar a potencialidade e adequação da SD, reconhecendo suas limitações e problemas estruturais a partir da análise de profissionais da área. A partir da validação, foi realizado o refinamento do material, de forma a desenvolver uma intervenção didática com maior potencial de alcançar os objetivos da pesquisa (PAIVA et al., 2017).

A sequência didática foi enviada a 53 profissionais da educação, entretanto apenas 14 retornaram com a avaliação, ou seja, uma taxa de resposta de 26%. Em relação à formação acadêmica, todos os profissionais que responderam a avaliação eram formados em Ciências Biológicas, sendo um licenciado, 8 mestres e 5 doutores. Já em relação à atuação profissional, 9 atuam como professores no Ensino Básico (fundamental, médio e técnico) e 5 atuam como professores no Ensino Superior – destes, 3 ministram aulas de educação e 2 ministram aulas de genética. Em relação à atuação na pesquisa acadêmica, todos os avaliadores atuam como pesquisadores na área de ensino de ciências.

A Tabela 2 a seguir dispõe os resultados da avaliação da adequação dos objetivos de ensino e os objetivos CPA de aprendizagem propostos para as aulas da SD.

⁵⁰ Essa seção é uma versão ampliada do trabalho apresentado no XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), em 2019, com o título “Validação de uma sequência didática sobre herança epigenética da obesidade para a promoção do letramento científico crítico” (ALTHOFF et al., 2019).

Tabela 2: Avaliação por pares da adequação da Sequência Didática, em que OE = Objetivos de Ensino; e OA = Objetivos CPA de Aprendizagem.

Avaliação	Aula 1		Aula 2		Aula 3		Aula 4		Aula 5		Aula 6	
	OE	OA	OE	OA	OE	OA	OE	OA	OE	OA	OE	OA
Atende completamente	14	8	12	7	14	6	14	8	14	8	13	7
Atende parcialmente	0	6	2	7	0	8	0	6	0	6	1	7
Não atende	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Os resultados da avaliação da sequência didática por pares evidenciaram que, de forma geral, os objetivos de ensino das aulas se adequavam às ações didáticas, enquanto os objetivos CPA de aprendizagem se adequaram apenas parcialmente às ações didáticas (Tabela 2). A seguir, desenvolveremos as principais críticas e sugestões propostas, bem como as devidas alterações realizadas na estrutura da sequência didática a fim de refinar a SD. A nova versão com o refinamento da SD, dos objetivos CPA de aprendizagem e dos casos se encontra no Apêndice D.

De forma geral, a maior crítica dos avaliadores à SD foi a adequação dos objetivos CPA de aprendizagem, demonstrada na avaliação dos docentes na tabela 2, e de comentários na seção de justificativa da avaliação. As críticas se concentraram, principalmente, em relação aos objetivos CPA de aprendizagem não serem consistentes com as definições estabelecidas para os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Devido às divergências de críticas e sugestões entre os avaliadores sobre as alterações dos objetivos descritos, acreditamos que um dos principais problemas enfrentados na elaboração dos objetivos CPA de aprendizagem é a definição de cada dimensão. Dessa forma, para refinar os objetivos de aprendizagem, investigamos cada uma das críticas dos avaliadores, a partir de uma leitura mais criteriosa da tipologia proposta por Zabala (1998) (Apêndice D).

Em relação à estrutura da SD, uma das avaliadoras criticou a apresentação tardia aos estudantes dos conceitos ligados à ação sociopolítica, como apontado no seguinte comentário: “Um dos objetivos é de estimular ações sociopolíticas, mas trazem isso ao final da SD, e acho que prejudica mostrar e explicar o que é ação sociopolítica tão no final da SD. Não seria melhor falar no primeiro dia de aula, e assim eles irem refletindo, pensando ao longo de todo o processo da SD?”. Concordamos com a importância de apresentar tais conceitos inéditos aos alunos de forma mais explícita em um primeiro momento. Principalmente pela SD estar em um contexto

de formação de professores, é imperativo que os discentes entrem em contato com os referenciais teóricos propostos, a fim de aplicá-los em sua prática profissional. De acordo com Martínez et al. (2011), a apresentação de teorias e abordagens educacionais, como a Educação CTSA e o uso de QSC, para futuros professores é importante para uma formação crítica em relação ao cientificismo do ensino de ciências.

Por isso, decidimos reestruturar a SD e abordar, na primeira aula, os referenciais teóricos que permeiam a SD: a Educação CTSA, a QSC e o letramento científico crítico. Assim, buscamos apresentar aos alunos os conceitos e pressupostos básicos das teorias e sua importância para um ensino que vise a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis (HODSON, 2011). Em seguida, a estrutura e os objetivos da SD serão explicados e contextualizados dentro desses referenciais teóricos, para que compreendam o que se espera que seja alcançado ao longo da aplicação, permitindo que eles já comecem a refletir sobre os aspectos que a envolvem. Esperamos que o contato prévio do referencial teórico facilite a construção da própria ação sociopolítica pelos grupos, ao final da SD. Além disso, essa organização é coerente com a definição de SD proposta por Zalaba (1998, p.18) e adotada no presente estudo, como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos.”.

Com essas alterações em relação à primeira aula, deslocamos parte da discussão sobre genética e meio ambiente para o momento de discussão do caso 1, por meio da introdução de novas questões orientadoras vinculadas ao tema. Espera-se, portanto, que durante a discussão da segunda aula, seja possível discutir a interação entre genótipo, ambiente e fenótipo, a partir dos textos sobre epigenética. Como a primeira aula, na estrutura anterior, havia sido planejada de forma a promover a investigação de concepções prévias e relembrar conceitos sobre genética, acreditamos que seus objetivos possam ser alcançados ao longo da discussão do caso 1, juntamente com os objetivos da segunda aula.

Em relação à segunda aula, alguns avaliadores apontaram a possível insuficiência de tempo de aula para cumprir as ações didáticas. Como explicitado por uma docente em relação à segunda aula: “O tempo da aula [pode] ser insuficiente para dar conta de falar sobre CTS, QSC, letramento científico crítico, ler o caso e as matérias envolvidas, resolver o caso e ainda fazer a discussão final sobre QSC.”. Como sugestão para otimização do tempo, propuseram que

o caso 1 e os textos de apoio para sua resolução fossem apresentados ao final da primeira aula. Dessa forma, os discentes se beneficiariam com tempo para pesquisar em casa sobre as questões do caso e, na segunda aula, teriam mais conteúdo para uma discussão mais prolífica. Com essas mudanças, esperamos resolver o problema apontado e desenvolver uma atividade mais eficaz com os discentes. Caso em futuras aplicações o tempo continue inadequado para a conclusão das ações didáticas, sugerimos diminuir a extensão dos textos propostos para auxiliar a interpretação e resolução dos casos, resumindo-os através de edições, sem comprometer o contexto geral da leitura, ou substituindo-os por outros textos menores e de conteúdo similar.

Quanto ao caso 1, muitos avaliadores apontaram que, ainda que possua o caráter controverso típico de uma QSC, é tendencioso ao conduzir o discente para a resposta de que é preferível adiar a gravidez. A controvérsia é uma característica necessária a uma QSC para que os alunos possam discutir e deliberar de forma crítica as opções disponíveis (CONRADO; NUNES-NETO, 2018). De acordo com uma docente:

Penso que o caso traz o caráter controverso que uma QSC tipicamente deve apresentar, contudo há um desequilíbrio, [pois] o caso está tendencioso, conduzindo os alunos para a resposta. Um bom caso (...) precisa ser imparcial e deixar o discente livre para ele decidir qual posição tomar diante da controvérsia.

Como forma de resolução do problema e de equilibrar as opções disponíveis no caso, utilizamos as sugestões da professora avaliadora e adicionamos o fato do casal possuir uma idade avançada, e que, ao adiar a gravidez, poderia envolver uma futura infertilidade, devido ao envelhecimento dos gametas do casal. Assim, esperamos deixar o caso mais imparcial e com um dilema mais evidente sobre o assunto, incentivando as discussões entre os discentes. Ademais, de forma geral, o caso 1 trouxe críticas positivas dos avaliadores, sendo reconhecido como uma narrativa interessante, com personagens críveis e com matérias que incentivam a discussão.

A terceira aula, por apresentar um caráter mais expositivo sobre o campo da epigenética, não obteve muitas sugestões de alteração de suas ações didáticas, ocorrendo refinamento apenas nos objetivos CPA de aprendizagem.

A quarta aula apresentou problemas similares à da segunda aula. Primeiramente, alguns avaliadores apontaram a insuficiência de tempo em sala de aula para aplicação das ações didáticas. De modo análogo à alteração realizada na segunda aula, transferimos a leitura do caso 2 e dos textos relacionados para a terceira aula, ao fim da aula expositiva. Dessa forma,

esperamos que, além de organizar melhor a distribuição do tempo em sala de aula, crie oportunidade para os discentes pesquisarem sobre o assunto para a discussão na aula seguinte.

Quanto ao caso 2, alguns avaliadores fizeram comentários positivos ao caso, sem sugestões para sua alteração. Duas avaliadores comentaram: “Achei o caso excelente e as questões para discussão e orientadoras bastantes pertinentes.” e “Adorei o caso 2. Ele traz uma indagação muito boa!”. Entretanto, a mesma avaliadora que criticou o caso 1, apontou a falta de uma controvérsia ou um dilema evidente. Concordamos com a avaliadora sobre o caso não apresentar uma controvérsia bem definida, sendo mais um ponto de partida para refletir e relacionar questões socioeconômicas e políticas na prevenção e tratamento da obesidade – ou seja, uma síntese para a discussão dos textos. Reconhecendo a importância da controvérsia na QSC, reescrevemos o caso 2 de forma a implementar um dilema na narrativa. Nessa nova versão, o casal Julia e Paulo criam uma ONG para prevenção e tratamento da obesidade para pessoas marginalizadas e precisam enfrentar o seguinte impasse: aceitar o financiamento de grandes empresas alimentícias e se comprometer a fazer propaganda e distribuir amostras grátis de produtos que não condizem com a proposta da ONG; ou recusar o financiamento por motivos éticos com a implicação de não ter verba suficiente para ajudar um maior número de pessoas. Portanto, esperamos que, com esse dilema, as discussões em sala de aula sejam estimuladas e que os discentes se posicionem através de uma reflexão crítica, que considere os valores envolvidos nas decisões (HODSON, 2004; 2011).

As alterações do caso 2 foram utilizadas para refinar o caso 3, retomando a narrativa em relação à ONG para contextualizar o desenvolvimento do projeto da ação sociopolítica pelos alunos a partir de um edital público elaborado pelo casal Julia e Paulo. Através do desenvolvimento da narrativa, esperamos que os alunos compreendam e se envolvam no que é pedido nos casos, ao longo da SD.

Por fim, devido ao fato da sexta aula apresentar apenas atividades relacionadas à apresentação, refinamento e planejamento dos projetos de ação sociopolítica dos grupos e síntese dos objetivos alcançados da SD, não houve críticas e sugestões para seu refinamento.

Considerações positivas também foram apontadas pelos docentes. Uma das avaliadoras apontou a importância de desenvolver uma sequência didática abordando a epigenética, devido à sua relevância em uma compreensão crítica do determinismo genético, bem como sua marginalização no ensino superior:

Muito interessante trabalhar conteúdos da genética de modo a tratar questões relativas ao determinismo genético e fatores epigenéticos. O que vemos, nas salas de aulas e nos livros didáticos, é uma abordagem mendeliana clássica da genética, na qual domina o determinismo genético, com pouca, e às vezes nenhuma, perspectiva crítica. Os estudantes se limitam a aprender cruzamentos e proporções genotípicas e fenotípicas sem nenhuma abordagem epigenética.

Esse comentário encontra embasamento em pesquisas acerca dos conteúdos de livros didáticos (CASTÉRA, 2008; REDFIELD, 2012) e do conhecimento sobre epigenética por alunos de graduação (AGORRAM et al., 2016; KANG et al., 2019). Esses estudos evidenciam uma limitação no ensino de genética que, além de estar conceitualmente desatualizado, pode implicar em visões deterministas sobre as características dos organismos (AGORRAM et al., 2016). Para a maioria desses autores, a inclusão do campo da epigenética em sala de aula é um fator importante para superar esses problemas no ensino de genética.

Outro comentário positivo sobre a sequência didática foi relacionado ao desenvolvimento gradual das ações didáticas, envolvendo uma evolução da capacidade de compreensão e desenvolvimento de conceitos, ideias, valores e normas, além da autonomia crescente ao longo da intervenção. Uma avaliadora comentou que “os casos [estão] muito bem elaborados, principalmente a “evolução” que notamos de autonomia que vai se dando ao longo dos casos.”. Da mesma forma, outro avaliador comentou: “a forma como o assunto pretende ser conduzido me parece um crescente em relação a capacidade de compreensão e amadurecimento dos conceitos, ideias, valores e normas pela turma.”.

Esses comentários indicam que a estratégia das cinco fases utilizada para desenvolvimento da sequência didática está compatível com o alcance progressivo dos diferentes níveis de letramento científico (HODSON, 2011; CONRADO, 2017). Conrado (2017) alerta que discentes geralmente não estão habituados com as ferramentas e estratégias que compõem a sequência didática proposta. Dessa forma, a estratégia das cinco fases visa favorecer a implementação do modelo de ensino baseado em QSC, organizando um aumento da complexidade dos problemas ou controvérsias, exigindo uma maior autonomia dos discentes para sua resolução, com a expectativa de alcançar a tomada de decisão socioambientalmente responsável e a realização de ações sociopolíticas (CONRADO, 2017).

Mediante a análise das validações, podemos refinar a SD, reconhecendo suas qualidades e, mais importante, seus problemas e limitações. Destacamos a importância do processo de

validação por pares, como meio de contemplar uma análise crítica do material por diversos profissionais, a fim de gerar um produto mais refinado e com maior potencial de alcançar os objetivos da pesquisa (PAIVA et al., 2017).

O processo de validação é muito relevante para analisar a viabilidade de características procedimentais que provemos às intervenções didáticas em atender os objetivos educacionais almejados, e assim refinar o produto educacional em desenvolvimento (PAIVA et al., 2017). A partir da validação por pares, realizamos refinamentos em relação à organização, reestruturação de estratégias didáticas e ajustes da abordagem teórico-metodológica. Ressaltamos a relevância da etapa de validação por pares a fim de realizar as adaptações necessárias através de sugestões de profissionais da área para que o protótipo de intervenção educacional em desenvolvimento possa ser aplicado em sala de aula de forma apropriada.

5.2 VALIDAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE DESIGN

A aplicação da SD foi realizada na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) em cinco encontros, às segundas e quintas-feiras, totalizando 3 semanas de intervenção. Os encontros de segunda-feira tiveram duração média de 3 horas (180 minutos), enquanto os encontros de quinta-feira eram divididos em dois grupos, cada um com 2 horas de duração média (120 minutos). Todos os momentos de interação discursiva em sala de aula, entre os alunos e entre os alunos e a professora, foram registrados através de filmagens em vídeo e gravações de áudio, totalizando 12 horas de gravação. A partir desses registros, foram extraídos 46 episódios de ensino relativos aos princípios de design que orientaram a elaboração da SD – tal como apresentados no Capítulo 4 – e suas expectativas de ensino correspondentes. Do total de episódios, selecionamos os que nos permitiam investigar as características que foram providas a SD, comparando as expectativas de ensino com o que ocorreu em sala de aula, de forma a simplificar a análise de dados, evitando reiteraões.

Além dos episódios de ensino, foram analisados os projetos de ação sociopolítica desenvolvidos pelos discentes, as respostas dos grupos para as questões dos casos e registros no caderno de campo como fonte de informações complementar. Cada expectativa de ensino foi investigada mediante a análise dos episódios e materiais disponíveis, a partir da Análise Crítica do Discurso (FAIRCLOUGH, 2001) e das ferramentas de análise correspondentes, conforme apresentado no Capítulo 3. Assim, analisamos se os princípios de design estão

adequados para promover as situações de ensino esperadas, e quais alterações podem ser realizadas nos princípios e na estrutura da SD para alcançar os objetivos esperados. O quadro 10 possui um resumo das informações a serem analisadas nesta seção.

Quadro 10: Sistematização da análise dos resultados da sequência didática sobre “herança epigenética da obesidade”, de acordo com cada princípio de design, destacando, para cada expectativa de ensino, quais as ferramentas de análise foram utilizadas, quais episódios de ensino e fontes de informação complementar foram analisados.

#	Expectativa de ensino	Ferramentas de análise	Episódios	Fonte de informação complementar
1	a) Possibilitar que os discentes compreendam a epigenética a partir da relação causal entre genótipo, fenótipo e ambiente na determinação de características distintas	ACD	3, 12	Caderno de campo e respostas dos casos
	b) Promover uma reflexão crítica em relação aos discursos deterministas e/ou reducionistas.	ACD	14, 33	Caderno de campo e respostas dos casos
2	a) Possibilitar que os discentes alcancem um conceito de herança biológica que inclua os fatores epigenéticos.	ACD e ferramenta de análise sobre herança biológica	46, 17	Caderno de campo e respostas dos casos
3	a) Favorecer o reconhecimento de valores nos discursos sobre a herança epigenética da obesidade.	ACD e ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico (Nível 2 e 3)	7, 13	Caderno de campo e respostas dos casos
	b) Estimular os discentes a se posicionarem em prol de valores de justiça socioambiental.	ACD e ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico (Nível 3)	8, 44	Caderno de campo e respostas dos casos
4	a) Favorecer a análise do contexto histórico e de aspectos ideológicos, culturais, políticos, sociais, éticos e emocionais que influenciam a obesidade em nossa sociedade.	ACD e ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico (nível 1 e 2)	22, 40, 37	Caderno de campo e respostas dos casos
	b) Orientar os discentes a reconhecerem estratégias e medidas de prevenção e tratamento	ACD e ferramenta de análise de alcance do	25, 32, 36	Caderno de campo e respostas dos casos

	da obesidade que sejam eficazes e inclusivas, considerando a herança epigenética da obesidade.	letramento científico crítico (nível 3)		
5	a) Possibilitar que os discentes se envolvam no desenvolvimento de ações sociopolíticas	ACD, ferramenta de análise para alcance do letramento científico crítico (nível 4) e ferramenta de análise sobre as capacidades de proposição de ação sociopolítica	29, 34	Projetos de ASP, caderno de campo e respostas dos casos

5.2.1 Validação do primeiro princípio de design

Para a análise do primeiro princípio de design, cujo propósito é “Promover uma compreensão crítica sobre o desenvolvimento de características nos organismos”, utilizaremos a Análise Crítica do Discurso (ACD) de Fairclough (2001) para investigar as duas expectativas de ensino propostas, a partir da análise de dois episódios de ensino cada.

Expectativa de ensino a) Possibilitar que os discentes compreendam a epigenética a partir da relação causal entre genótipo, fenótipo e ambiente na determinação de características distintas

O episódio a ser analisado a seguir ocorreu na primeira aula, enquanto a professora explicava a definição sobre fenótipo para, em seguida, elaborar a relação entre o genótipo e o fenótipo. A partir da explicação da professora, um aluno questiona se comportamentos como vícios (no caso, o alcoolismo), são genéticos. Esse episódio foi marcado pela discussão com base no conhecimento prévio dos estudantes, sendo importante para analisar as interações discursivas anteriores à abordagem dos conteúdos da SD.

Episódio 3 (Aula 1 / 34'30)
 “Eu acho que a genética é muito forte”

- 1 - Aluno 1: Professora/ **esses comportamentos/ o alcoolismo/ eles são genéticos?**
- 2 - Professora: **Eles têm uma participação de fatores genéticos e uma participação de fatores ambientais.** A tendência ao vício/ o tabagismo/ hemofilia/ cor da pele/ se eu colocasse pra vocês esses fenótipos e perguntasse a vocês: o que é mais importante para esses fenótipos/ o genótipo ou o ambiente? O que vocês me responderiam?
- 3 - Aluno 2: **Depende da pergunta/ depende do fenótipo.**
- 4 - Professora: Por exemplo/
- 5 - Aluno 3: **Acho que a hemofilia seria genético. Agora já o alcoolismo eu ficaria em dúvida.**
- 6 - Aluno 1: **Acho que no alcoolismo tem influência de questões sociais/ culturais/**
- 7 - Aluno 2: Tipo/ se não existisse a bebida/ não teria como ele ser alcoólatra.
- 8 - Professora: Mas aí ele poderia expressar o vício por outra coisa.
- 9 - Aluna 4: Eu acho que em relação a vício/ de uma maneira geral / **eu acho que a genética é muito forte.**

O questionamento do aluno 1, no turno 1, sobre os fatores causais para determinados comportamentos, como o vício em álcool estabelece, no episódio, um ponto de partida para discutir a relação causal entre genótipo, fenótipo e ambiente, visto que a característica em questão possui natureza multifatorial, necessitando de uma compreensão da complexidade das interações entre tais fatores para responder a questão. A partir disso, a professora relembra o esquema que havia feito anteriormente no quadro (“genótipo + ambiente = fenótipo”), sobre a participação dos fatores genéticos e dos fatores ambientais para o desenvolvimento das características. Ainda assim, a professora considera a diferença existente entre as diversas características e questiona os alunos sobre a influência do genótipo e do ambiente em algumas características distintas, como vício de tabaco, hemofilia e cor de pele. Cada uma dessas características se encontra em um espectro distinto do contínuo entre a influência puramente genética e a influência puramente ambiental (WONG; GOTTESMAN; PETRONIS, 2005).

O aluno 2, no turno 3, responde, que irá depender da característica a ser analisada. O aluno 3 cita, por exemplo, que hemofilia é uma característica integralmente genética. Entretanto, em relação ao alcoolismo, o aluno admitiu ainda permanecer em dúvida quanto às suas principais influências. A hesitação dos alunos em determinar as principais influências no desenvolvimento do alcoolismo condiz com a dificuldade de analisar uma característica que depende de uma mistura complexa de fatores ambientais e genéticos. Estudos de gêmeos, como o de Shuckit e colaboradores (2001), apontam que a influência genética no alcoolismo seja entre

40 e 60%⁵¹. Ainda que um número pequeno de genes possa estar envolvido em tal característica, é mais adequado analisar o alcoolismo a partir do conceito de endofenótipo, *i.e.* características intermediárias influenciadas por múltiplos genes que, subsequentemente, afetam a probabilidade de desenvolver tal comportamento. O conceito de endofenótipos é utilizado na epidemiologia para diagnosticar sintomas de comportamentos (tais como vícios, obesidade, esquizofrenia, transtorno bipolar e suicídio) em fenótipos estáveis que possam auxiliar análises genéticas (GOTTESMAN; GOULD, 2003).

Por fim, para compreender o desenvolvimento de características como alcoolismo, devemos investigar a influência do ambiente em que o indivíduo opera. Em humanos, esse ambiente é associado a fatores sociais, econômicos, culturais, políticos, etc. (MÜLLER et al., 2017) – tal como apontado pelo aluno 1 no turno 6. Tais fatores ambientais interagem com os fatores genéticos desenvolvendo os fenótipos. Essa interação epigenética é encontrada, por exemplo, na pesquisa de Agrawal e colaboradores (2009), em que foi demonstrado um aumento na expressão de genes associados a sintomas de vulnerabilidade de dependência alcoólica em indivíduos que começaram a ingerir bebidas alcoólicas em idades anteriores a 13 anos. Diversos outros fatores podem influenciar as marcações epigenéticas responsáveis pela expressão desses genes, como traumas psicológicos e falta de apoio familiar (ENOCH, 2006).

Considerando que esse episódio ocorreu na primeira aula, em um momento de discussões a partir do conhecimento prévio dos estudantes, podemos reconhecer a reflexão dos discentes em relação à complexidade de interações entre fatores genéticos e fatores ambientais para o desenvolvimento do fenótipo. Embora a aluna 4 tenha afirmado, no último turno, que a genética é muito forte para a questão do alcoolismo, a maioria dos discursos apresentaram características que indicaram uma reflexão sobre a interação entre genótipo, fenótipo e ambiente para características distintas. Por fim, é importante notar que comentários semelhantes aos da aluna 4 não foram detectados em aulas posteriores, após a mobilização dos conteúdos da SD, sugerindo um alcance da compreensão da interação entre os fatores para o desenvolvimento de características multifatoriais.

⁵¹ Embora essas porcentagens sejam úteis em estudos populacionais, a interação entre gene e ambiente no desenvolvimento das características não funciona dessa forma. Para Keller (2010), não faz sentido perguntar quanto o gene ou o ambiente influenciam em uma característica, já que ambos interagem conjuntamente.

O segundo episódio a ser analisado ocorreu no início da segunda aula, após a leitura da matéria “UERJ pesquisa influência da atividade física das mães na obesidade dos filhos”, sobre pesquisas realizadas no Brasil no campo da epigenética. Depois da leitura do texto, dúvidas relacionadas ao alcoolismo, presentes no episódio anterior, foram trazidas novamente como questões pelos alunos.

Episódio 12 (Aula 2 / Turma 2 / 9’)

“A epigenética ajuda a gente a entender essa complexa interação”

1 – Aluno 14: Eu ouvi falar que/ uma pessoa que o pai é alcoólatra parece que tem tendência a ter/ a ser alcoólatra também?

2 - Professora: Então/ aí cai nessa questão da epigenética também/ não é só/ **não seria tão simples como um gene para o alcoolismo/um gene para o vício em álcool/** ele vai ser/exposto à bebida e rapidamente vai ficar viciado. Você vê que **a epigenética não funciona assim**. Pode ser que tenha um gene/ um gene não né/ porque **a maior parte das vezes são vários genes que cada um cumpre uma função numa complexa rede de causas**. E o ambiente vai estar lá/ atingindo esses genes para eles ficarem ativos ou não/ para num futuro próximo/ de acordo com esse ambiente e esses genes/ ele pode desenvolver tal fenótipo ou não. **Você vê como a epigenética ajuda a gente a entender essa/ essa complexa interação**. Não é como se tivesse um gene/ “ah/ é alcoólatra”. Caiu uma gota de álcool/ acabou. **É uma questão de um processo ambiental/ acionar esses genes/** e são vários genes.

3 – Aluna 13: Eu fico justamente em dúvida com isso. **Porque/ por exemplo/ se uma pessoa/ ela tem uma vida toda estabilizada/ ela tá bem/ e ela não pensa em beber**. Não tem como ela desenvolver o alcoolismo/ mesmo que ela tenha um gene para isso. Entendeu? Então é muito realmente como você ta falando. **É muito mais complexo do que dizer que só existe um gene/ mas não tem um fator externo pra poder fazer/ entendeu?/** a pessoa tem a vida toda estabilizada. **A maioria dos alcoólatras/vamos colocar assim/são pessoas que estão lá/ vão beber/ encontrar uma “saída”** ((fazendo sinal de aspas com a mão)/ bem aspas mesmo/na bebida e tudo mais. Então não é só dizer que/

4 – Aluna 15: Até porque em alguns casos mesmo a pessoa tendo contato com a bebida/ não necessariamente ela vai se sentir atraído/

5 - Professora: Às vezes tem reações na vida dela que ela/ **mesmo ela tendo uma tendência ao alcoolismo/ as vezes tem reações na vida dela que fazem ela ter aversão ao álcool/ uma aversão psicológica/ talvez**.

A partir do questionamento do aluno 14 no primeiro turno em relação à influência genética para uma tendência ao alcoolismo, a professora, no turno 2, busca explicar o funcionamento dos mecanismos epigenéticos – lidos resumidamente na matéria – através da interação do meio ambiente na ativação dos genes e, conseqüentemente, no fenótipo final. Dessa forma, a professora, ao incluir a epigenética como articuladora na complexa rede de interações entre genes diversos com fatores ambientais para o desenvolvimento de características no indivíduo, complementa a discussão iniciada na primeira aula.

Em seguida, a partir da explicação da professora, a aluna 13 desenvolve outra dúvida, em relação aos fatores ambientais envolvidos no alcoolismo. Esse turno possui uma importância

no desenvolvimento de um letramento científico crítico, uma vez que apresenta, em sua intertextualidade, o exame de quais fatores socioeconômicos podem influenciar um indivíduo ao vício em álcool, relacionando a ideia de influência ambiental discutida na epigenética com os diversos fatores – sociais, econômicos, políticos, etc. – que compõem o ambiente humano. Ou seja, um discurso contra-hegemônico da influência genética na determinação de características complexas. A questão da aluna, sobre as oportunidades existentes para que possamos fazer escolhas, foi retomada nas aulas seguintes, relacionando com a QSC sobre obesidade.

Consideramos, portanto, que esse episódio complementa o anterior, demonstrando um alcance dos discentes em reconhecer a importância da epigenética no papel dos mecanismos epigenéticos na complexa rede causal entre genótipo e ambiente para o desenvolvimento do fenótipo final. A partir da análise da influência de fatores ambientais e genéticos na determinação de diversas características, mas focando-se no interesse dos alunos sobre o tema do alcoolismo, as interações discursivas desenvolvidas pela professora promoveram, entre a maioria dos estudantes, a compreensão de que a interação entre genótipo, fenótipo e ambiente é mais complexa do que a visão reducionista de determinismo genético – em que tudo pode ser explicado, em última instância, pelos genes.

Como dito anteriormente, uma exceção pode ser apontada na fala da aluna 4, no turno 10, do episódio 3: “eu acho que a genética é muito forte”. Percebemos, por esse trecho, que a visão de determinismo genético ainda se manifesta em alguns casos, embora, por ter ocorrido na primeira aula da SD, seja difícil dizer se essa visão permaneceu após as discussões posteriores. Caso essa característica surja novamente nas próximas aplicações, sugerimos aprofundar as questões relativas à influência do ambiente no fenótipo pela epigenética a partir de discussões referentes a características multifatoriais, com exemplos reais e dentro do contexto dos alunos, para aumentar o interesse e envolvimento no tema.

Expectativa de ensino b) Promover uma reflexão crítica em relação aos discursos deterministas e/ou reducionistas.

O episódio a ser analisado a seguir ocorreu logo após o episódio 12, analisado acima, continuando a discussão da mesma matéria: “UERJ pesquisa influência da atividade física das

mães na obesidade dos filhos”. Seguido de uma breve interrupção sobre o assunto, a professora retorna ao tema, investigando o conhecimento prévio dos alunos sobre o campo da epigenética.

Episódio 14 (Aula 2/ Turma 2/ 13’)
 “O determinismo genético fica em xeque com a epigenética”

- 1 - Professora: Alguém já tinha ouvido falar de epigenética antes?
- 2 - ((Alguns alunos balançam a cabeça em negativa/ outros em sinal de mais ou menos))
- 3 - Professora: A epigenética está sendo cada vez mais falada/ e **o interessante de ver pelas matérias é como eles falam de epigenética/** como eles falam de um tema que hoje em dia é novo. Que não está nas escolas/ que não se vê direito nas universidades/ então o contato que a gente tem mais é na mídia.
- 4 - Aluna 15: **Isso é importante/ porque esses estudos nos mostram meio que uma “esperança”** ((sinal entre aspas com a mão)). **Porque tipo/ dá uma/ dá uma oportunidade de mudança. Existe alguns fatores que podem ser influenciados/se tratados com antecedência/ tipo uma medida de profilaxia.** Então/ tipo/ existem casos de diminuir a chance de você ter Alzheimer.
- 5 - Aluno 14: Eu acho que com **essa esperança da epigenética/ dá pra saber o que dá pra fazer ou não pra reverter o quadro de doenças/ como doenças cardíacas/ e se realmente estamos fadados a isso pela genética.**
- 6 - Aluna 20: **Antigamente achávamos que o gene era quem controla tudo/ e agora deu pra perceber que não é tudo que ele controla.**
- 7 - Professora: Sim. **O determinismo genético fica em xeque com a epigenética.**

O episódio se inicia com a professora perguntando aos alunos se conheciam o campo da epigenética. Ao receber respostas negativas, a professora continua explicando a importância de conhecer a epigenética e, mais ainda, a forma como tal tema é divulgado pela mídia. No turno seguinte, a aluna 15 relaciona os estudos em epigenética com a oportunidade de mudança (ou, como dito pela aluna: “esperança”), devido à influência ambiental, diferente da influência genética, ser manipulável. A aluna utiliza como exemplo o potencial para profilaxia, ou seja, medidas preventivas para preservação da saúde. A fala da aluna chama atenção para a abordagem chamada “epidemiologia epigenética” (JABLONKA, 2004), em que se baseia na possibilidade do uso do campo da epigenética em identificar os fatores ambientais relacionados com ativações genéticas e auxiliar no desenvolvimento de profilaxias e no tratamento de doenças. Assim, a aluna explora um tema importante, principalmente para desenvolvimento futuro na SD, quando tratar sobre o tema da obesidade.

Em seguida, o aluno 14 continua a desenvolver a questão das oportunidades provenientes do campo da epigenética, dessa vez com doenças cardíacas. Ao questionar a influência genética nesse tipo de doença, como no trecho “(...) e se realmente estamos fadados

a isso pela genética”, pode-se perceber a ideia de determinismo que o aluno está colocando em dúvida com a epigenética. Como veremos nas análises discursivas do próximo princípio de design, relacionado com o perfil conceitual de herança biológica, essa fala apresenta uma marca discursiva importante relacionada com o compromisso axiológico de conformismo: “a atitude dos genitores de se conformar, e de acatar o que é herdado” (REIS, 2018). Esse compromisso axiológico está presente em todas as zonas, exceto a de epigênese, que é a qual esperamos alcançar. Podemos perceber, por esse turno, que o aluno 14 está tentando negociar com esse compromisso, trazendo para espaço da sala de aula essa negociação de maneira crítica e considerando a epigenética como possibilidade de ação.

Como resposta, a aluna 20, no turno 6, diz que “antigamente achávamos que o gene era quem controla tudo”, mas que, com a epigenética, percebemos que “não é tudo que ele controla”. Aqui temos que o gene é apresentado, não apenas como um fator causal, mas como o próprio ator do mecanismo causal. Embora tal visão seja problematizada pela aluna 20, a agência do gene no controle das características se mantém, embora se reconheça que esse controle seja apenas parcial. Para concluir a discussão, a professora sintetiza que “o determinismo genético fica em xeque com a epigenética”.

Podemos perceber, pelo turno 4, que a aluna 15 identifica a importância de fatores ambientais para o desenvolvimento de fenótipos e como o campo da epigenética pode trazer uma abordagem menos determinista, bem como as consequências disso para a saúde pública. O aluno 14 e a aluna 20 também demonstram compreender as implicações da epigenética para o determinismo genético pelas suas falas, reconhecendo a possibilidade de mudança dos fenótipos pela influência ambiental. A produção intertextual dos turnos presentes nesse episódio sugere o alcance da expectativa de ensino, em que os alunos identificam as implicações da epigenética em relação ao discurso hegemônico do determinismo genético, demonstrando uma compreensão de que as interações entre genótipo, fenótipo e ambiente são mais complexas do que essa visão busca representar.

O episódio a seguir ocorreu enquanto os discentes do segundo grupo discutiam para responder a questão 3 do caso 2, sobre as possíveis contribuições da herança epigenética nas políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade.

Episódio 33 (Aula 4/ Turma 1/ Grupo 2/ 30')
 “Se comer doce, futuramente vai ter diabete”

1 – Aluno 10: No caso ele quer saber como a herança epigenética/ como esse assunto/ nas políticas pública/ como isso/ em projetos sociais/ ações sociais/ pode trazer ideias para o combate à obesidade.

2 – Aluna 6: As pessoas/ se soubessem que ingerindo algum tipo de alimento/ tipo muito açúcar/ **as próximas gerações poderiam ter algum tipo de doença se ingerir muito açúcar/ diabetes/ gordura/ pras gerações futuras.** E os projetos sociais seriam justamente pra isso/ pra saber que esse tipo de coisa acontece e que se relaciona diretamente com a epigenética. Eu tenho medo de ficar uma coisa muito óbvia/ tipo/ **se comer doce/ futuramente vai ter diabete.**

3 – Aluno 5: Isso. Então/ no caso/ seria passar essas informações de que a epigenética/ de que no caso é **o estudo de como o meio ambiente vai influenciar nos genes/ no genótipo e tal/ de que dessa forma vai ser adquirido pra informação genética e conseqüentemente as próximas geração vão já/ vão estar propícios a desenvolver doenças por causa dessas marcas epigenéticas.** Então essa informação nas políticas públicas pode ajudar pessoas de todos os níveis de classe social ter esse conhecimento e reeducar sua alimentação.

4 – Aluno 10: É isso. **Ele pode levar alguma marca/ tipo/ como o pai dele teve diabetes/ ele pode ser propício a desenvolver mais fácil/ entendeu? Aumentar o risco com a mesma quantidade de açúcar/**

No turno 2, podemos perceber que a aluna 6, ao explicar as implicações da herança epigenética no desenvolvimento de políticas públicas relacionadas à prevenção e tratamento da obesidade, apresenta críticas à ideia de que os fatores ambientais – ou, no caso, as escolhas individuais – determinariam as características futuras do indivíduo ou da próxima geração. No início do turno, a aluna utiliza palavras que evitam o determinismo, como “as próximas gerações *poderiam* ter algum tipo de doença se ingerir muito açúcar/ diabetes/ gordura/ pras gerações futuras”. Ao final do turno, ela pondera sobre a utilização de frases deterministas na resposta à questão: “Eu tenho medo de ficar uma coisa muito óbvia/ tipo/ se comer doce/ futuramente *vai ter* diabete.”. Esse turno é interessante por sugerir que a epigenética também pode utilizar um discurso determinista. Para Waggoner e Uller (2015), o discurso da epigenética na pesquisa científica e a mídia popular não se afastam do determinismo biológico, principalmente devido à sua imersão no contexto tradicional da ciência genética e reducionista.

Nos próximos turnos, o aluno 5 e o aluno 10 também utilizaram termos que evitassem o discurso determinista, como nas frases “(...) conseqüentemente as próximas gerações vão (...) estar *propícios* a desenvolver doenças por causa dessas marcas epigenéticas” (turno 3) ou “(...) ele pode ser *propício* a desenvolver mais fácil (...), aumentar o risco com a mesma quantidade de açúcar [ingerida]” (turno 4). Portanto, nota-se que a ideia de uma influência probabilística é mais evidente, ou seja, a ideia de que os fatores epigenéticos, juntamente com os ambientais e

genéticos fazem parte de uma rede de interações complexas que irão influenciar o desenvolvimento do fenótipo final (CARVER et al., 2017).

Logo, podemos identificar duas implicações da epigenética no determinismo biológico: tanto em sua problematização, quanto em sua reprodução. Esse potencial ambivalente do campo da epigenética será desenvolvido em outros momentos de sala de aula, respondendo a outras expectativas de ensino, relacionando com o tema da obesidade. Por agora, ressaltamos que, de acordo com os episódios analisados, podemos perceber que a maioria dos alunos no episódio compreenderam que a epigenética apenas influencia – e não determina – o resultado final do fenótipo, sugerindo o alcance da expectativa de ensino proposta. Ainda assim, sugerimos a inclusão de uma discussão mais explícita e aprofundada sobre as bases e a consequência do determinismo biológico – seja genético ou epigenético – através de exemplos históricos e que envolvam algum tipo de opressão, como em questões de gênero, sexualidade, raça, etc. (GOULD, 1991). Para aproximá-los do tema, é aconselhável adaptar os exemplos ao contexto dos alunos, priorizando os que são mais próximos de sua realidade (HODSON, 2011).

5.2.2 Validação do segundo princípio de design

O segundo princípio de design tem como propósito “Promover o reconhecimento da pluralidade de formas de pensar herança biológica e uma apropriação do conceito que abranja o campo da epigenética”. Composto por apenas uma expectativa de ensino, analisaremos dois episódios de ensino utilizando a ACD de Fairclough (2001) e a ferramenta de análise sobre herança biológica com base nos compromissos epistemológicos apresentados nos episódios.

Expectativas de ensino a) Possibilitar que os discentes alcancem um conceito de herança biológica que inclua os fatores epigenéticos.

O primeiro episódio a ser analisado ocorreu enquanto o quarto grupo elaborava a resposta da questão 3 do caso 2, referente às possíveis contribuições da herança epigenética nas políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade. Durante esse momento, os alunos discutiram rapidamente sobre as implicações da herança epigenética para a compreensão da herança biológica, a fim de relacionar com a questão a ser respondida.

Episódio 46 (Aula 4/ Turma 2/ Grupo 4/ 13'30)

“A herança epigenética explica como fatores ambientais podem ser transmitidos para as gerações seguintes”

1 – Aluna 18: Podemos colocar que a epigenética pode/ no caso que/ se considerar a herança epigenética/ pode conscientizar as pessoas de que/ **não é só o gene que vai agir sobre a vida dela/ mas o que ela come/ o que ela vive pode influenciar na/ na expressão da/ do gene/ relacionado à obesidade/** entendeu? Porque se a pessoa falar/ ah/ eu nasci com o gene para a obesidade/ então ela não vai se importar com o que ela come/ com o estilo de vida dela.

2 – Aluno 17: Isso. A herança/ no caso/ **a herança epigenética explica como fatores ambientais podem/ tipo/ ser transmitidos para as gerações seguintes/ através dos mecanismos epigenéticos que ativam os genes.**

3 – Aluna 20: Mas e a genética? Será que/ tipo/ **não tem genes pra obesidade?**

4 – Aluna 18: Pelo que entendi/ **a obesidade tem uma relação maior com o ambiente/ com o que a gente come/ os exercícios que fazemos/ do que com algum gene específico.**

5 – Aluno 17: É. Foi isso que entendi também.

6 – Aluna 20: Entendi. Então/ assim/ se a obesidade possui maior influência de fatores ambientais/ do que genéticos/ então as medidas políticas têm que considerar mais a alimentação/ também exercícios físicos.

7 – Aluna 18: Isso.

No turno 1, a aluna 18, ao deliberar sobre a resposta, considera que o conhecimento sobre a herança epigenética pode auxiliar na conscientização sobre hábitos saudáveis. A aluna explica que “não é só o gene que vai agir sobre a vida [da pessoa]”, e complementa que a alimentação e as experiências de vida podem influenciar na expressão do gene relacionado à obesidade. Esse trecho, embora contextualize a epigenética de forma satisfatória, ainda não aborda a herança biológica.

A herança epigenética é introduzida no segundo turno, em que o aluno 17 complementa o que foi dito pela aluna 18, comentando como a herança epigenética pode explicar a transmissão de fatores ambientais para as gerações seguintes através dos mecanismos de regulação de ativação de genes. Nesse trecho já podemos reconhecer características que apontam o alcance da expectativa de ensino ao identificar a existência de mecanismos, além da genética, que constituem o sistema de herança biológica.

Em seguida, no turno 3, a aluna 20 pergunta sobre a existência de genes para a obesidade. Essa pergunta é interessante, pois aponta a dúvida decorrente das explicações anteriores da aluna 18 e do aluno 17, criando uma oportunidade para negociação entre os compromissos das zonas de preformacionismo genético e epigênese, principalmente em relação ao fator causal da obesidade. No turno seguinte, a aluna 18 explica que “a obesidade tem uma relação maior com o ambiente (...) do que com algum gene específico”, demonstrando, para o

caso da obesidade, a negociação da paridade causal (*i.e.* a atribuição igual de importância a diferentes fatores) da zona epigênese, em detrimento do determinismo por partícula (*i.e.* a atribuição causal maior às partículas que carregam o potencial para o desenvolvimento das características) da zona preformacionismo genético (REIS, 2018).

A partir dessa explicação, no turno 6, a aluna 20 utiliza a informação para desenvolver a resposta da questão do caso, considerando o valor pragmático do modo de pensar da zona epigênese, para refletir sobre políticas públicas. Assim, nesse episódio, podemos reconhecer a tomada de consciência da heterogeneidade de modos de pensar herança biológica e uma negociação entre compromissos das zonas preformacionismo genético e epigênese, principalmente relacionado ao fator causal, reconhecendo a existência de diferentes fatores causais igualmente importantes na herança.

Para concluir a análise da expectativa de ensino, utilizaremos o episódio a seguir, ocorrido enquanto os discentes discutiam a resposta da terceira questão do primeiro caso: “Quais sugestões e conselhos você daria ao casal para que eles possam diminuir o risco de transmitir as consequências de seus hábitos a seus filhos?”.

Episódio 17 (Aula 2/ Turma 2/ 41’)

“Acho que a herança ambiental é tão forte quanto as heranças genéticas e epigenéticas”

1 – Aluna 13: Acho que deveria procurar um especialista pra poder dar orientação. Porque as vezes/ “ah/ vou mudar meu hábito”/ e as vezes você pode até comer coisas que você acha que é saudável e aí/

2 – Aluna 14: E aí tem um déficit de vitamina/ por exemplo.

3 – Aluno 15: E se possível/ adiar a gravidez/ pelo menos por um tempo. Não precisa ser 2 anos/ ou 5 anos. Mas com o tempo/

4 – Aluna 13: Porque a mudança repentina/ ela não é/ tipo/ não é levada a longo prazo. Ela é sempre. Você faz dieta/ e quando passa aquele período que você emagreceu/ você não leva isso adiante.

5 – Aluno 15: Agora eu acho importante que essa mudança não seja só antes da gravidez/ mas também depois do parto. **Porque a alimentação dos pais influencia muito na alimentação do filho.**

6 – Aluna 13: **É a questão ambiental né. Acho que a herança ambiental é tão forte quanto as heranças genéticas e epigenéticas.**

7 – Aluno 15: É verdade. Se não mudar o ambiente em que eles vivem / tipo / o que eles comem/ mesmo que eles tenham filhos saudáveis / **se a alimentação em casa / no dia a dia / não mudar/ não vai adiantar nada.**

Embora os primeiros turnos não apresentem trechos importantes para análise da presente expectativa de ensino, os consideramos importantes para compreender o desenvolvimento do discurso dos discentes ao longo do episódio. Após os alunos discutirem sobre quais conselhos

e sugestões dariam para Julia e Paulo, o aluno 15, no turno 5, considera importante que a mudança de hábitos permaneça após o nascimento da criança, visto que a alimentação dos pais irá influenciar na alimentação do filho. A partir disso, a aluna 13 complementa, afirmando que essa influência – a herança ambiental – é tão importante quanto as heranças genéticas e epigenéticas. Por fim, o aluno 15 conclui que, se o ambiente não mudar, as mudanças necessárias não vão ser suficientes para resolver o problema. Ou seja, de acordo com os alunos, se Julia e Paulo mudarem seus hábitos apenas entre o planejamento de gravidez e o parto (período crítico para as marcações epigenéticas), retornando aos hábitos antigos logo após o nascimento da criança, o ambiente em que a mesma irá se desenvolver vai influenciar seus hábitos, impactando sua saúde, apesar dos fatores biológicos herdados pelos pais.

Esse episódio apresenta características que vão além da expectativa de ensino proposta (*i.e.* o alcance da zona ‘epigênese’ de perfil conceitual de herança biológica), pois aborda outras formas de herança não-biológica a serem consideradas na discussão sobre obesidade: a herança ambiental, comportamental e cultural. De acordo as pesquisadoras Eva Jablonka e Marion Lamb (2010), além da herança genética e epigenética (constituindo a herança biológica), outras duas dimensões devem ser consideradas em animais como os humanos: a herança comportamental e a cultural. A partir do trabalho seminal dessas autoras, Bonduriansky e Day (2018) desenvolveram o conceito de “herança estendida”, abarcando fatores genéticos, epigenéticos, ambientais, comportamentais e culturais. Através de diversos modelos teóricos e áreas do conhecimento (*e.g.* biologia molecular e celular, herança cultural, construção de nicho, ecologia evolutiva), esses autores buscam compreender o fenômeno de herança para além da dicotomia entre o biológico e o ambiental.

Principalmente quando consideramos características multifatoriais como a obesidade, devemos considerar, não apenas a interação entre a miríade de genes que influenciam o metabolismo do indivíduo e as marcações epigenéticas responsáveis pela ativação e desativação desses genes, mas também o ambiente herdado (no caso de humanos, incluindo fatores como sociais, econômicos e políticos), comportamentos transmitidos por seus pares (família, amigos, comunidade, etc.) e a cultura em que se encontram (hábitos alimentares, disponibilidade de alimentos, prática de exercícios físicos, condição socioeconômica, etc.).

A obesidade, atualmente, é um problema mundial decorrente, principalmente, dos hábitos – sobretudo alimentares – de uma cultura obesogênica (ALBRITTON, 2009). Logo,

identificar as diversas influências que podem ocasionar a obesidade em um indivíduo a partir do conceito de uma herança estendida é de suma importância para que os discentes compreendam sua transmissão e, conseqüentemente, reflitam sobre medidas de políticas públicas eficazes para seu tratamento e prevenção. Propomos, portanto, a inclusão de uma segunda expectativa de ensino para a construção dos próximos protótipos: *Possibilitar que os discentes reconheçam a influência das heranças ambientais, comportamentais e culturais*. Ao acrescentar tal expectativa de ensino, reformulamos o princípio de design para se adequar à essa alteração (Apêndice C).

Essas mudanças no princípio de design, ocasionaram alterações na estrutura e desenvolvimento da SD. De forma a aproveitar os textos utilizados para leitura complementar no caso 1 para explorar as outras dimensões da herança estendida, adicionamos, no caso, a seguinte questão: *Quais outras formas de transmissão não-genéticas podem ser reconhecidas nos textos?*. Em relação à questão orientadora, adicionamos ao caso 1: *Os hábitos associados à obesidade descritos no texto podem ser considerados fatores herdáveis?*. Como consequência, essas alterações ocasionaram mudanças no objetivo de ensino e nos objetivos CPA de aprendizagem (Apêndice D).

Por fim, de acordo com a ferramenta de análise sobre as zonas do perfil conceitual de herança biológica (REIS, 2018), com base nos compromissos epistemológicos (Quadro 11), concluímos que a expectativa de ensino proposta foi alcançada devido aos episódios apresentarem características que demonstraram superação da zona de preformacionismo genético e alcance da zona de epigênese. Em relação à superação da zona de preformacionismo genético, podemos citar como características: o reconhecimento que o fator causal da herança não é determinado pela genética e que os gametas não transmitem toda a informação para o desenvolvimento de características do organismo. Da mesma forma, em relação ao alcance da zona de epigênese, podemos citar: o reconhecimento que diferentes mecanismos, processos e fatores – além da genética – constituem o sistema de herança biológica, e de que, ao invés de agir de forma determinantes, esse sistema desenvolve potenciais para uma característica. Ainda assim, notamos no episódio 46, na dúvida da aluna 20, certas características do preformacionismo genético. Pela mudança de discurso da aluna após a respostas dos colegas, consideramos que ela assimilou os compromissos epistemológicos da quarta zona.

Devido aos avanços nas discussões sobre herança estendida, se torna cada vez mais difícil traçar a linha entre o que é ou não biológico⁵². Portanto, para que se possa analisar a nova expectativa de ensino sugerida, sugerimos uma abordagem sobre perfil conceitual de herança biológica que abranja de forma mais explícita os diversos fatores que influenciam nas transmissões de características dos seres vivos, já que os compromissos epistemológicos, ontológicos e axiológicos da zona de epigênese proposta por Reis (2018) podem não representar os esperados quando considerada uma herança estendida.

Quadro 11: Análise da caracterização dos episódios analisados em relação aos compromissos epistemológicos das zonas do perfil conceitual de herança biológica, de acordo com Reis (2018).:

Zonas	Compromissos distintivos das zonas	Alcance
Naturalização pelo nascimento	- O fenômeno da herança não é explicado e está relacionado ao nascimento;	-
	- Herança como legado parental.	-
Fatalismo pelo sangue	- Características são herdadas dos antecessores;	-
	- Atribuição às deficiências genéticas à transgressão de regras de conduta pelos genitores que resulta em punições relacionadas à crença e à fé;	-
	- Atribuição de sentimento de culpa dos genitores ao nascimento de crianças deficientes.	-
	- Causalidade da herança é atribuída a um acontecimento que se interpõe ao destino dos genitores ou antepassados;	-
	- A característica é a unidade de herança, é o que se herda;	-
	- Os fluidos corporais são os mediadores de transmissão da herança;	-
	- O mecanismo da herança é explicado pela mistura de materiais hereditários materno e paterno.	-

⁵² Embora, como vimos no Capítulo 1, existam propostas para delimitar o espaço epistêmico do organismo, de forma a diferencia-lo dos recursos ambientais (PONTAROTTI, 2016).

Preformacionismo genético	- Contribuição parental equivalente de ambos os genitores ao desenvolvimento dos traços fenotípicos;	-
	- Determinismo por partícula é o fator causal;	✓
	- As partículas auto-reprodutoras transmitem toda a informação necessária para especificar as características de um organismo.	✓
	- Os gametas transmitem os atributos dos indivíduos através das gerações.	-
	- O material hereditário é constante de geração a geração (herança dura);	-
	- O mecanismo de herança é explicado pela mediação e/ou controle de partículas.	-
Epigênese	- Diferentes fatores causais são igualmente importantes na herança.	✓
	- A unidade de herança é o potencial para a característica;	✓
	- Uma variedade de recursos passados de uma geração para a outra estão envolvidos como mediadores de transmissão da herança	✓
	- Diferentes mecanismos, processos e fatores constituem o sistema de herança.	✓

5.2.3 Validação do terceiro princípio de design

Para investigar esse princípio, cujo propósito é “promover uma reflexão crítica do campo da epigenética e seu potencial em oferecer explicações de como fatores socioambientais podem interferir na saúde, a fim de proporcionar medidas de política pública”, analisaremos dois episódios de ensino para cada expectativa de ensino, utilizando a ACD de Fairclough (2001) em conjunto com o nível 2 e 3 da ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico desenvolvida por Conrado (2017).

Expectativas de ensino a) Favorecer o reconhecimento de valores nos discursos sobre a herança epigenética da obesidade.

O primeiro episódio a ser analisado ocorreu ao longo da leitura dos textos na Aula 2, em que a professora confronta os discentes com o discurso presente nas matérias “A culpa é da sua mãe!”, que explica a herança epigenética materna, e “A obesidade que pegamos de papai”, que aponta a existência de herança epigenética paterna. A ideia, inicialmente, era investigar se os

discentes haviam compreendido as diferenças nos mecanismos de transmissão epigenética de características entre o lado materno e o paterno. A discussão sobre a identificação de valores dos discursos seria desenvolvida posteriormente. Entretanto, devido a uma das matérias abordar o tema de forma a culpabilizar e sobrecarregar a responsabilidade na mãe, a Aluna 3, que estava grávida, se pronunciou quanto à opressão presente no texto. A indignação de uma aluna grávida em relação à matéria de divulgação apresentada foi oportuna, já que a seleção das matérias foi realizada pela capacidade de sensibilizar e levantar discussões sobre os valores no discurso sobre herança epigenética.

Episódio 7 (Aula 2/ Turma 1/ 24')

“A Júlia está sofrendo (...) porque a responsabilidade recaiu pra cima dela”

1 - Professora: Eu peguei esses dois textos/ esses dois títulos mostram os dois lados ne: “a culpa é da sua mãe!” e “a obesidade que pegamos de papai”. Porque é como vocês falaram/o texto apresenta muito o lado da gravidez. E tudo bem/ na gravidez o que você come vai pro seu filho. E no caso do pai?

2 - Aluna 1: É né. **Sempre joga pra mãe. A mãe que tem que fazer dieta e tem que tomar cuidado com isso e com aquilo. E o que veio antes? Porque a herança epigenética também vem ne/ pode vir de avô e tal.**

3 - Aluna 2: **A Julia ((personagem)) está sofrendo aqui + porque a responsabilidade recaiu toda pra cima dela/e o pai se absteve.** Como ele soube pela matéria e tudo mais/ ele tá pressionando ela a ter esses hábitos alimentares.

4 - Aluna 3: Eu acho/ que no caso a gente pode observar dois pontos: o primeiro/ a questão que/o **como as pessoas são suscetíveis/ no caso/ a receber esse tipo de informação.** No caso era um casal normal/ até o marido ler a manchete na internet e/

5 - Aluna 2: Não! Na verdade/ eles já se sentiam incomodados pelo que eu vi ali. Eles sentiam dificuldade para respirar/

6 - Professora: Sim. Eles estão na condição/estão caracterizados como obesos.

7 - Aluna 3: É. Mas depois que ele leu a matéria que surgiu o incômodo. Então/ **o quanto que as pessoas estão sendo expostas a receber esse tipo de informação que pode impactar a vida dela.** ((inaudível)) Como que o gene passa pra criança/ não só em relação à alimentação que a mãe tem durante os 9 meses. Então acho que esses dois pontos foi o mais perceptível assim/ eu acho/ a questão da informação e/

8 - Professora: E como é/ o tato da informação. Como você vai passar a informação. É uma informação que/ que como você falou né/ abala. Ainda mais uma pessoa que está grávida/está planejando uma gravidez/ abala você ler isso. Então assim + **a responsabilidade também de você saber passar essa informação pensando em todas essas questões/ tanto sociais/ econômicas/** a questão da oportunidade de ter uma alimentação saudável/ porque se a obesidade aumentou no mundo não foi por uma escolha/ certo? É/ **e o fator emocional/ né.** Como você vai atingir as pessoas. O caso mostra exatamente isso. São duas pessoas que estão obesas. Que se preocupam com isso/ mas não ao ponto de mudar. Eles querem mudar quando percebem que isso pode afetar o filho ou a filha. Que é um estímulo também/ né. E aí eu queria saber/

9 - Aluna 2: Mas aí eles já estavam de certa forma desconfortáveis com a situação deles querendo mudar e não conseguindo. Aí a partir do momento que eles tomaram conhecimento disso/ é/ que poderia afetar o nascimento da criança. Só que isso surgiu outra questão. **Que é a questão da Julia se sentindo pressionada/ então não resolveu nada.**

10 - Professora: Acabou piorando né?

11 - Aluna 2: **Acabou piorando**

12 - Professora: **Porque agora ela está com sobrecarga emocional e se culpando por/ por essa situação.**

13 - Aluna 2: **E isso pode causar tanta coisa.** Porque a forma como ela está se sentindo **ela pode cair numa depressão** e vai comer mais. E vai piorar a situação/

Com base na produção intertextual presente nos turnos desse episódio, podemos identificar o reconhecimento de valores na divulgação das informações sobre herança epigenética da obesidade pelos estudantes. O turno 2, proferido por uma aluna grávida, aponta a sobrecarga na responsabilidade materna presente no texto “A culpa é da sua mãe!”, em que a mãe é pressionada a fazer dieta e tomar cuidados. Ao mesmo tempo, a aluna aponta para o fato da herança epigenética poder vir também pelo lado paterno, demonstrando que a responsabilidade deve vir de ambos. Os turnos do episódio continuam desenvolvendo o tema da sobrecarga na responsabilidade individual do discurso da epigenética nos textos, principalmente em relação ao impacto emocional causado por tal abordagem (turno 3, 8, 9 e 12).

Após a mediação da professora no turno 8 sobre os valores presentes no discurso e a responsabilidade em comunicar o tema considerando questões sociais, econômicas e emocionais, desenvolve-se, nos turnos seguintes, os efeitos da sobrecarga emocional negativa na personagem Júlia, como dificultar o alcance de hábitos mais saudáveis, e até distúrbios psicológicos, como depressão. Esse comentário, presente no turno 13, aponta um fator que não foi explicitamente abordado na SD, mas que merece um breve comentário: a correlação positiva entre obesidade e depressão, principalmente entre mulheres (DE WIT et al., 2010). Isso ocorre, principalmente, devido à pressão de padrões de beleza impostos culturalmente ser maior no sexo feminino (GAVIN; SIMON; LUDMAN, 2010). Dessa forma, sintomas de depressão são mais prováveis serem consequências do que causas da obesidade, evidenciando o impacto da mídia no bem-estar emocional e psicológico dos indivíduos (ROSENGREN; LISSNER, 2008). Por esses motivos, Saguy (2012) afirma que a obesidade é uma questão feminista, além de chamar atenção para as interseccionalidades com outras formas de opressão, como etnia, classe social e orientação sexual. Assim, considerando que esse tema pode ser uma inclusão enriquecedora para discussão, foi adicionado ao caso 1 uma questão orientadora sobre a distinção de gênero no impacto emocional e psicológico da obesidade: *As consequências em relação à sobrecarga individual da obesidade são iguais para o sexo masculino e feminino? Por quê?*

Fikkan e Rothblum (2011) realçam a importância de considerar as experiências das mulheres acima do peso, a fim de, através de um processo de empatia, desenvolver uma teoria feminista mais inclusiva e abrangente. O uso de casos com personagens fictícios em um contexto que os discentes possam relacionar com sua realidade cotidiana possui grande potencial em alcançar um senso de empatia pelos personagens, de forma a utilizar, além da razão, fatores emocionais para a tomada de decisão na QSC (ZEIDLER et al., 2005; CONRADO, 2017). Assim, considerando que os casos utilizados em sala de aula atingiram esse objetivo de criar um senso de empatia pelos personagens (como veremos adiante), foi adicionado um trecho no caso 1 sobre a pressão emocional e psicológica em Julia em relação ao seu peso para, junto com a questão orientadora citada acima, incentivar a discussão sobre feminismo e obesidade, e estimular o engajamento dos discentes.

Embora neste episódio a discussão sobre os impactos emocionais e psicológicos da obesidade na mulher tenha sido mobilizado por alunas do gênero feminino, não podemos afirmar se a falta de participação dos alunos homens foi pelo baixo número de alunos na sala de aula (apenas um aluno do gênero masculino estava presente na turma) ou se houve motivos específicos, como dificuldade de se relacionar com as questões femininas. Para próximas aplicações, realçamos a importância de direcionar essas discussões para os alunos homens, de forma a investigar seus posicionamentos na discussão.

Podemos perceber pelo episódio analisado que, de acordo com nível 3 da ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico, sobre a “Capacidade para abordar criticamente controvérsias, explicitar valores, e para juízo ético”, os discentes alcançaram o segundo estágio, em que “Questiona juízos, valores e decisões próprias e dos outros”. Consideramos esse alcance devido à identificação e posicionamento em relação aos valores envolvidos no discurso das matérias, sobre sobrecarga de responsabilidade individual, ocasionando impactos emocionais e psicológicos, e a conscientização do dever moral de divulgar a informação de forma a considerar esses fatores.

Por último, podemos destacar nesse episódio a importância do uso de casos para desenvolver a QSC. A aluna 2, no turno 3, demonstra uma identificação dos sentimentos e empatia pela personagem Julia, utilizando como referência para sua argumentação o fato de Paulo ter se absterido da responsabilidade de mudar seus hábitos. Nesse ponto, concordamos com Conrado (2017), que defende o aumento do interesse dos discentes com o uso de casos, ao

contextualizar com situações cotidianas, auxiliando na configuração de um ambiente para o desenvolvimento de empatia e engajamento, além do alcance dos objetivos atitudinais.

Em seguida, analisaremos um curto episódio que ocorreu na turma seguinte, através da mesma dinâmica de leitura de textos e discussão. Após a discussão sobre como a epigenética influencia o determinismo genético (Episódio 12), a professora retoma o assunto, agora utilizando a leitura dos textos citados anteriormente para incentivar os discentes a reconhecer o determinismo no discurso da epigenética. Esse episódio possui características compartilhadas com a expectativa de ensino (b) do primeiro princípio de design, relacionando a culpabilização com o discurso do determinismo genético.

Episódio 13 (Aula 2/ Turma 2/ 12')

“E esses títulos podem até causar um impacto social, né”

1 - Professora: **Ao mesmo tempo que a epigenética quebra o determinismo genético/ a gente consegue ver nesses textos um certo determinismo também/ não sei se vocês concordam comigo.**

2 - Aluna 13: **E esses títulos podem até causar um impacto social/ né?** Imagine uma mulher que/ se deparar com um texto desses ‘a culpa é da mulher’/ então **toda a atenção vai ser voltada para ela.** ‘Ah você é assim e seu filho vai nascer com problema /a culpa é sua’. Como no caso do casal ((Julia e Paulo)).

3 – Aluna 15: **E na genética você não tinha o poder/ tipo/ você não tinha a quem culpar. Na genética você nasceu assim/ então você não teve como interferir. Mas nesse caso ((da epigenética))/ a culpa/ você tem culpa.**

Tal como no anterior, podemos identificar neste episódio um reconhecimento, pelos discentes, dos impactos sociais e emocionais que o discurso das matérias pode proporcionar aos leitores, principalmente do sexo feminino. No turno 2, utilizando a narrativa do caso 1 como base para interpretar os efeitos da leitura dos textos, a aluna 13 aponta a sobrecarga de responsabilidade materna e a culpabilização como fatores que podem ser ocasionados pelo discurso presente nas matérias.

No turno 3, a aluna 15 compara as diferenças entre as implicações do determinismo na genética e na epigenética no desenvolvimento de culpa no indivíduo. De acordo com a aluna, ao relacionar com uma causalidade genética, o determinismo genético exime o indivíduo de culpa, já que este não pode controlar os fatores moleculares que definem seu fenótipo e estão presentes desde seu nascimento. Por outro lado, o determinismo epigenético, por considerar os efeitos do ambiente no desenvolvimento fenotípico, permite que o indivíduo seja culpado por

seus hábitos, atitudes e ações. Dessa forma, a aluna conclui que, diferente do determinismo genético, o discurso do determinismo epigenético pode acarretar uma culpa individual sobre suas escolhas. Como destacamos no segundo capítulo, essa característica é apontada por Richardson e colaboradores (2014) em seu artigo *Don't blame the mothers* (Não culpem as mães), como um dos problemas mais comuns no discurso da epigenética.

Ao desenvolver o efeito do discurso dos textos na sobrecarga de responsabilidade e culpabilização do indivíduo, temos características que cumprem a expectativa de ensino da referida seção. Podemos considerar que os discentes, ao considerar, nesse episódio, que a influência do poder na ciência e tecnologia podem gerar consequência negativa para a sociedade, alcançaram o segundo estágio do Nível 2 (Reconhecimento da influência de interesses e do poder no desenvolvimento científico e tecnológico) da ferramenta de análise para alcance do letramento científico crítico.

A partir desses dois episódios, podemos perceber que houve alcance pelos alunos no reconhecimento de valores nos discursos sobre herança epigenética da obesidade presentes nos textos lidos, representado pelo alcance do Estágio 2 dos níveis 2 e 3 da ferramenta de análise sobre letramento científico crítico. Os discentes apontaram e discutiram sobre a sobrecarga na responsabilidade materna, bem como a culpabilização e os efeitos negativos (emocionais e psicológicos) de tal abordagem. Ainda foram capazes de relacionar o conceito de 'determinismo epigenético' com a responsabilização – e consequente culpa – no indivíduo e os fatores socioeconômicos na disponibilidade e no acesso (financeiro e geográfico) de hábitos de vida saudáveis. Dessa forma, é possível considerar que a expectativa de ensino em questão foi alcançada através das discussões geradas pela leitura dos textos e das questões do caso 2.

Expectativa de ensino b) Estimular os discentes a se posicionarem em prol de valores de justiça socioambiental.

Para analisar o alcance dessa expectativa de ensino, selecionamos dois episódios referentes às aulas 2 e 4. O primeiro episódio a ser analisado ocorreu logo após o episódio 7, analisado na expectativa anterior. Devido às matérias estabelecerem a transmissão de características, tanto do ponto de vista materno, quanto o paterno, as respostas em relação à responsabilidade materna se tornam de fácil resolução. Como vimos no episódio antecedente, os alunos apontam que a sobrecarga na responsabilidade materna é errada, já que, como

demonstrado no texto “A obesidade que pegamos de papai”, há também influência paterna na herança epigenética. Dessa forma, o episódio a seguir parte de uma provocação para incentivar o debate, considerando o caso hipotético da transmissão ser apenas materna. Essa reflexão serviu para investigar se, nesse caso, a sobrecarga de responsabilidade materna seria justificada.

Episódio 8 (Aula 2/ Turma 1/ 25’)
 “E se fosse só a mãe?”

- 1 - Professora: O que é interessante pensar também + **E se fosse só a mãe?** E se realmente/
- 2 - Aluna 2: Sim. Eu tava pensando. Se realmente/
- 3 - Professora: O pai também deveria se responsabilizar/ ou/ assim/ “ah/ então não preciso/ então tá bom/ então só você precisa mudar os hábitos/”
- 4 - Todos os alunos: Não/
- 5 - Aluna 5: **Tem que ser como um incentivo pra ela.**
- 6 - Aluna 6: **É. Como uma forma de incentivar a diminuir o consumo.** Porque se você/ se você quer/ vamos supor / é deixar de ser viciado em uma coisa/ e tiver outra do seu lado/ é/ continuando aquele vício e só você ter que parar/ não vai conseguir. Vai começar a comer escondido/ mas vai continuar.
- 7 - ((Risos))
- 8 - Aluna 7: **E quando a criança nascer? Vê ali a mãe continuando sua alimentação saudável/ se é que ela continuaria/ e o pai? Comendo *fast food***

Após o questionamento dado pela professora no turno 1, as alunas concordam, nos turnos 5 e 6, que, mesmo no caso da herança epigenética sendo apenas materna, o pai deve compartilhar a responsabilidade, participando do processo de mudança de hábitos de forma a incentivar a parceira. Esse posicionamento das alunas demonstra valores pautados em uma relação de companheirismo e compartilhamento do casal, em que o marido, mesmo no caso de não ser diretamente responsável pela transmissão de características, compartilha a responsabilidade de mudança de hábitos com a esposa. Tal como no episódio 7, o episódio sobre as questões femininas da obesidade foi mobilizado especialmente por mulheres, demonstrando a importância de questionar os alunos homens sobre seus posicionamentos na discussão.

Cabe ressaltar que membros do casal são motivados em conjunto e se envolvem ativamente em comportamentos que melhoram a saúde (LEWIS et al., 2006). De acordo com Lewis e colaboradores (2006), a interdependência do casal pode transformar a motivação de fazer ações egoístas (centrado na pessoa) em ações altruístas, que são melhores para a continuação do relacionamento (centrado no relacionamento). Essa transformação pode levar a

uma maior motivação para o casal agir de forma cooperativa na adoção de mudanças de comportamento que melhoram a saúde de ambos.

Outro fator importante, presente no turno 8, é a mudança de hábitos não apenas para o momento da gravidez, mas de forma a alterar o próprio ambiente em que os pais vivem para proporcionar ao filho estímulos mais saudáveis. Essa característica aparece em outros episódios e foi analisada no segundo princípio de design, em que reforçou a importância de considerar, além da herança epigenética, a herança cultural – ou seja, um modelo de herança estendida (BONDURIANSKY; DAY, 2018) – para uma mudança de hábitos eficaz e duradoura (SEALY, 2010).

De acordo com a ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico, podemos situar o discurso dos discentes desse episódio no Estágio 2 (Questiona juízos, valores e decisões próprias e dos outros) do Nível 3 (Capacidade para abordar criticamente controvérsias, explicitar valores, e para juízo ético). Ou seja, ainda que os discentes identifiquem e julguem os valores e decisões, não podemos reconhecer, nesse episódio, uma análise crítica justificada de forma mais profunda (Estágio 3).

Não obstante, podemos afirmar que os alunos se posicionam em prol de valores de justiça socioambiental e, portanto, alcançaram a expectativa de ensino proposta. Apoiar o compartilhamento da responsabilidade materna e paterna, mesmo considerando a hipótese das características de Paulo não serem transmitidas para a próxima geração realça valores de justiça socioambiental, no caso, referente à equivalência na necessidade de mudanças de hábitos do casal, seja como uma forma de incentivo e parceria, ou como uma forma de mudança cultural para proporcionar um ambiente de hábitos saudáveis para o futuro filho.

Para concluir o alcance dessa expectativa de ensino, analisaremos o próximo episódio, o qual ocorreu na quarta aula enquanto os alunos do grupo 3 discutiam para responder a questão 3 do caso 2, referente às contribuições da herança epigenética da obesidade nas políticas públicas de prevenção e tratamento da obesidade. Após terem discutido sobre a influência do lobismo nas decisões políticas, na questão anterior, os alunos retornaram ao assunto, de forma a considerar tal fator na resposta.

Episódio 44 (Aula 4 / Turma 2 / Grupo 3 / 14'30)

“Acho que tem a questão individual e tem nosso papel na sociedade pressionando a política pra resolver lá de cima também”

1 – Aluno 14: Pra que as políticas públicas deem certo/ **tem que resolver o problema do lobby na política/ né?**

2 – Aluna 13: Sim. E se pensar bem / tipo / **não é só o lobby da indústria de alimentos. É de outras coisas / tipo cigarro/ álcool / e causam um grande impacto social.**

3 – Aluno 12: Pois é. Isso sem falar do **lobby mais poderoso do país ne/ que é o agronegócio. Que também atinge o meio ambiente.**

4 – Aluna 13: É verdade! Que tem a ver com a questão alimentar também/ né.

5 – Aluna 15: **Mas como se resolve o lobby/ gente?**

6 – Aluna 13: Não sei. Tem a questão das leis né. **Desenvolver leis pra diminuir a influência do lobby?**

7 – Aluno 12: Acho que também podemos pensar no nosso papel como consumidor/ né. **Se pararmos de comprar de empresas que fazem lobby/ pode diminuir o poder delas.**

8 – Aluna 15: É. **Mas todo mundo teria que fazer isso pra que desse certo.**

9 – Aluno 14: Acho que tem **a questão individual / e tem nosso papel na sociedade / pressionando a política pra resolver lá de cima também. Acho que é nossa responsabilidade / nossa obrigação / como diz / moral/ né.**

No turno 1, o aluno 14 afirma que a questão do lobismo na política deve ser levada em consideração para se discutir as políticas públicas relacionadas à prevenção e tratamento da obesidade. Com base nisso, a discussão do grupo se amplia, com a aluna 13, no segundo turno, considerando também o lobismo presente na indústria do tabaco e do álcool, enquanto o aluno 12 cita o agronegócio, caracterizando-o como o lobismo mais influente do país.

Embora não se tenha dados disponíveis para quantificar a magnitude da influência do lobismo do agronegócio, sua atuação na política com a frente parlamentar da bancada ruralista é notável nas decisões políticas do país, causando grande impacto socioambiental (BRUNO, 2017). Devido à proximidade dos alunos com os efeitos do agronegócio, a sua utilização como exemplo para se discutir lobismo foi uma estratégia interessante, já que facilitou a compreensão sobre as causas e consequências de tal prática na política e na sociedade.

Em seguida, os alunos dialogam para responder a questão de como resolver o lobismo, proposta pelo aluno 15 no turno 5. Nesse momento, a aluna 13 sugere o desenvolvimento de leis para diminuir a influência do lobismo no país. Em relação a esse trecho, podemos citar três propostas de regulamentação do lobismo em tramitação: PL 6132/1990⁵³, PL 6928/2002⁵⁴ e PL

⁵³ Dispõe sobre o registro de pessoas físicas ou jurídicas junto as casas do Congresso Nacional, para os fins que especifica, e da outras providências. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=21283>

⁵⁴ Cria o Estatuto para o exercício da Democracia Participativa, regulamentando a execução do disposto nos incisos I, II e III do art. 14 da Constituição Federal. Disponível em:

<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=56230>

1.202/2007⁵⁵. Dentre esses três, podemos destacar o último como o projeto mais consistente, tendo como finalidade ampliar a prestação de contas dos lobistas, limitando sua conduta para que não haja conflito de interesses, abusos ou atos ilícitos (BRASIL, 2007). Entretanto, é importante notar que a regulamentação do lobismo não é interesse das grandes indústrias que o praticam, o que explica a dificuldade de implementar tais leis no país.

De outra forma, o aluno 12 considera o papel do consumidor como fundamental para diminuir o poder do lobismo, a partir de boicote aos produtos das indústrias, à medida que a aluna 15 complementa que, para ser eficaz, todos devem participar. Boicote é um método padrão da desobediência civil e política não-violenta que, quando bem organizado, pode gerar grandes impactos, motivo pelo qual grandes empresas o levam a sério, mesmo quando uma pequena parcela é influenciada a participar (CAPUTO, 2008). Para Caputo (2008), o sucesso do boicote vai além de fatores econômicos, já que o impacto moral da imagem dos produtos da empresa pode causar consequências mais graves. Para a autora, atualmente, com o uso da internet, os boicotes podem ser rapidamente organizados e sua repercussão pode atingir níveis muito maiores do que antigamente, se tornando, portanto, uma aliada ferramenta na pressão política. Infelizmente, cabe ressaltar que o monopólio da indústria alimentícia dificulta o sucesso do boicote. Sendo comida um produto essencial para a sobrevivência humana e, levando-se em conta que a maioria dos produtos alimentares são produzidos por apenas 10 companhias multinacionais, a escolha em boicotar uma empresa pode ser apenas uma ilusão (TAYLOR, 2017).

Por fim, notamos que o aluno 14, no último turno, conclui considerando a responsabilidade individual e a responsabilidade social. Para o aluno, a responsabilidade, tanto individual quanto social, é associada a uma “obrigação moral”, ou seja, a ideia de que temos responsabilidade ética sobre nossas ações em relação ao que consideramos correto ou errado – no caso, como consumidores, não financiando as empresas que participam de lobismo e geram impactos socioambientais, e como cidadãos, pressionando os órgãos públicos e se mobilizando de alguma forma para mudar a estrutura social. Entretanto, é importante destacar que qualquer

⁵⁵ Disciplina a atividade de "lobby" e a atuação dos grupos de pressão ou de interesse e assemelhados no âmbito dos órgãos e entidades da Administração Pública Federal, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=353631>

ação individual, ocorrendo dentro da sociedade, é considerada uma ação sociopolítica – independente se através de boicote ou de pressão política (HODSON, 2004; 2011).

Em relação à ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico, podemos situar os discursos do episódio 44 no estágio 3 do nível 3, ou seja, os discentes demonstraram capacidade de analisar criticamente contradições e coerência entre valores e condutas para formular sua própria opinião e juízo moral. Como argumentos para fundamentar tal alcance, temos: a consideração das responsabilidades de ação individual quanto social e política para enfrentar o lobismo das grandes empresas, relacionando com os aspectos éticos em relação à justiça socioambiental; a abrangência da discussão sobre lobismo para além da indústria alimentícia, analisando os aspectos gerais do lobismo através de outros casos; e a reflexão dos impactos do lobismo em questões socioambientais. Ao considerar esses diversos aspectos da discussão, podemos sugerir que a expectativa de ensino foi alcançada.

A partir dos temas abordados nos dois episódios analisados, percebemos que a expectativa de ensino foi alcançada. Ainda assim, devido à discussão sobre agronegócio ocorrida no episódio 44 ter servido como base para uma discussão mais aprofundada sobre lobismo, sugerimos a inclusão de oportunidades para o aprofundamento sobre outras formas de lobismo, como a adição da seguinte questão orientadora: “*Quais outras formas de lobby e quais são suas consequências socioambientais?*”. Dessa forma, pretende-se alcançar discussões mais gerais sobre lobismo e facilitar a compreensão do tema a partir de casos mais próximos do contexto dos alunos, auxiliando-os a relacionar com o lobismo da indústria alimentícia.

5.2.4 Validação do quarto princípio de design

Para validar o quarto princípio de design, cujo propósito é “Promover uma compreensão crítica das questões sociais, culturais, políticas, econômicas, éticas e emocionais envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade e conduzir para um posicionamento mais crítico sobre a eficiência de suas estratégias e medidas”, utilizamos a ACD de Fairclough (2001), bem como a ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico – os níveis 1 e 2 para a primeira expectativa de ensino, e o nível 3 para a segunda. Para ambas as expectativas, utilizamos três episódios de ensino, a fim de abarcar todas as características necessárias para análise de seu alcance.

Expectativas de ensino a) Favorecer a análise do contexto histórico e de aspectos ideológicos, culturais, políticos, sociais, éticos e emocionais que influenciam a obesidade em nossa sociedade.

O primeiro episódio a ser analisado ocorreu na quarta aula, enquanto os discentes do grupo 1 discutiam sobre a primeira questão do caso 2, acerca das influências socioeconômicas na prevenção e tratamento da obesidade.

Episódio 22 (Aula 4/Turma 1/Grupo 1/ 13'30)
 “É uma questão econômica, literalmente, né”

1 – Aluna 5: Uma questão também é sobre o estilo de vida da pessoa. **Nem todo mundo tem acesso a alimentos saudáveis/ alimentos orgânicos. Ela vai ter acesso àquele alimento industrializado que é muito mais barato. Uma alimentação fitness/ saudável/ é muito mais cara que do que uma alimentação *fast-food*.**

2 - Aluna 1: **Agora eu tenho uma opinião/ a respeito de nutricionistas e essas coisas/ educação sobre vida saudável/porque de uma certa forma eles acabam aterrorizando as pessoas/pode ter certeza/você vai num nutricionista/”não eu quero uma dieta só para reeducação/reeducar meus hábitos alimentares”/a pessoa te passa aspargos e num sei o que é num sei o que/e você fica “poxa/ eu não tenho dinheiro para comprar isso. E a mídia agora né/agora não/ já vem a algum tempo/ como você falou: o estilo de vida *fit*. Mas as pessoas acham que elas estão obrigadas a seguir exatamente como tá se mostrando ali/ entendeu? E tipo/alimento *fit* é realmente muito caro. Pra você ter uma alimentação saudável/ você não precisa comer alimento *fit*/ entendeu?**

3 - Aluna 2: Aqueles biscoitos da Nestlé.

4 - Aluna 1: **É. Aqueles biscoitos *fit* que não é *fit*.**

5 - Aluna 2: Pois é/ porque se você for comparar lá...

6 - Aluna 1: **Tem que trazer mais pra um/ como eu posso dizer/ assim/ trazer essa questão da educação mais pra/ tem que chegar mais nas pessoas de uma forma mais/ de uma forma menos aterrorizante. E tem que considerar as questões sociais e econômicas pra ter mais inclusão.**

7 - Aluna 4: **É uma questão econômica/ literalmente/ né.**

8 - Aluna 3: **É uma questão econômica. Não tem um investimento pra pequeno agricultor. Para o pequeno...**

9 - Aluna 1: Isso. Isso é muito importante.

10 - Aluna 3: ...aquela pessoa que tá vendendo aquela cenoura que colheu do seu quintal/ que é fitness/ muito mais barato/ então é pouco investimento.

11 - Aluna 3: **Por isso que eu acho que influencia pouco no combate à obesidade/ porque eles não te dizem exatamente que/ aqueles produtos que você encontra no mercado são os melhores e tão lá/ nas feiras livres são melhores/ são mais baratos/ não tem tanto defensores agrícolas/ não tem muita coisa. Então eles vão falar que o melhor é aquele morango que veio de longe/ pra você. E é mais caro.**

12 – Aluna 5: **Isso é interessante porque/ assim/ além do preço/ tem também a disponibilidade. Eu/ de uma cidade pequena/ nunca vi nada orgânico a não ser o que vem da feira em alguns locais. Se você for em supermercado/ não dá pra se dar ao luxo de escolher/ se vai querer um orgânico ou não. Então/ é uma questão meio impositiva/ já.**

13 - Professora: Exatamente. **Não é só escolha. É a oportunidade/ também. A oportunidade de escolha. E isso envolve várias coisas/ questões econômicas/ sociais/ geográficas...**

Ao discutir sobre a influência das questões socioeconômicas na prevenção e tratamento da obesidade, o grupo 1 perpassou alguns importantes aspectos que influenciam a obesidade em nossa sociedade. Inicialmente, no turno 1, a aluna 5 abrange aspectos socioeconômicos na alimentação, como a dificuldade de acesso financeiro a alimentos saudáveis. A partir disso, a aluna 1, no turno 2, critica a falta de consideração em relação ao impacto emocional nos discursos de educação alimentar. De acordo com ela, a “educação sobre vida saudável” pode vir a aterrorizar as pessoas, principalmente devido à sua relação com produtos mais caros e menos acessíveis, dificultando a adesão de indivíduos em situações socioeconômicas menos favorecidas.

Criticando o dito “estilo de vida *fit*”, que é a apropriação do mercado para vender de forma exploratória um hábito saudável, a aluna conclui que não é necessário se alimentar desses produtos para ter uma alimentação adequada. Diferentemente do apresentado pela aluna 5, a aluna 1 explica que uma alimentação saudável deve estar associada a alimentos *in natura*, ao invés de produtos industrializados, e que estes primeiros possuem um preço mais acessível. Essa constatação possui respaldo no estudo de Claro e colaboradores (2016) que, através dos dados provenientes da Pesquisa de Orçamentos Familiares, estimam que os produtos e ingredientes *in natura* apresentaram menor preço por caloria quando comparado aos demais grupos, sugerindo uma vantagem econômica no preparo de refeições em comparação a sua substituição por ultraprocessados.

Além disso, no turno 3, a aluna 1 continua a desenvolver a ideia de que, na verdade, muitas vezes os produtos designados como saudáveis pelo mercado não são necessariamente saudáveis, mas uma forma de manipular o consumidor. Essa crítica à propaganda de produtos industrializados como se fossem produtos saudáveis é um fator importante a ser considerado para compreender o marketing de grandes empresas para convencer as pessoas a consumir tais produtos (HAMILN; WILSON, 2004; TALATI et al., 2016). No turno 6, a aluna 1 conclui que, para que a educação alimentar alcance de forma mais eficaz e menos alarmante todas as classes sociais e, portanto, seja mais inclusivo, é necessário que o discurso considere os fatores socioeconômicos e emocionais da população. Esse comentário corrobora o alcance da expectativa de ensino b) do terceiro princípio de design, acerca do posicionamento dos discentes em prol de valores socioambientais.

A partir da conclusão dada pela aluna 1, o grupo explora as dimensões políticas e econômicas envolvendo o tema sobre acesso a alimentos saudáveis. No turno 8, a aluna 3 relaciona a falta de investimento para pequenos agricultores pelo governo, para que a produção seja mais barata e, portanto, para que o preço de venda diminua e possa competir com os produtos industrializados. Em relação a esse comentário, de acordo com o Censo Agropecuário de 2017⁵⁶, 77% do total de propriedades rurais brasileiras pertencem a grupos familiares, entretanto ocupam apenas 23% da área destinada a estabelecimentos agropecuários brasileiros – um aumento considerável na concentração de terras se comparado ao censo anterior. Além disso, as leis de incentivo à agricultura familiar no Brasil são consideradas fragmentadas e desarticuladas (ANJOS; CARUSO; CALDAS, 2011) e se limitam a uma pequena porção de produtores que se caracterizam por segmentos de maior domínio no campo (MONTEIRO, 2019).

De forma a retomar a discussão, a aluna 3, no turno 11, diz que as questões socioeconômicas pouco influenciam na prevenção e tratamento da obesidade, já que a propaganda de alimentação saudável é, muitas vezes, uma forma de manipulação do consumidor para comprar produtos industrializados – muitas vezes não saudáveis –, como já alertado pela aluna 1 nos turnos anteriores. Para o grupo, é imperativo ter mais incentivo econômico e cultural para o consumo em feiras de pequenos agricultores, que são fonte de alimentos naturais saudáveis e, em alguns casos, orgânicos.

A aluna 5, no turno seguinte, complementa a questão do acesso, à disponibilidade geográfica. Ao contar um caso próprio, o aluno realça o impacto dos chamados “desertos alimentares”. Definido como “uma área (...) com acesso limitado a alimentação (...) nutritiva, particularmente em zonas compostas predominantemente por vizinhanças e comunidades de baixos rendimentos”, os desertos alimentares consideram diversos critérios, como: distâncias, preços, disponibilidade, quantidade e qualidade de produtos frescos, metros de prateleiras e estado de privação econômica dos moradores, representando os contrastes socioeconômicos presentes nas cidades (SARAIVA, 2017). Esse tema é de suma importância para compreender os diversos níveis de marginalização e opressão no acesso a oportunidades de uma alimentação saudável.

⁵⁶ Disponível em: https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html

Por fim, no turno 13, a professora resume o que foi discutido pelos alunos no episódio, pondo em destaque as questões que envolvem a existência de oportunidades para que possa haver escolhas responsáveis e conscientes pelos indivíduos, vinculadas à uma ética e justiça alimentar (SARAIVA, 2017).

Em relação à ferramenta de análise do alcance do letramento científico crítico, consideramos que os discentes alcançaram o terceiro estágio em relação ao nível 1 (Reconhece que ciência e tecnologia são, em certa medida, culturalmente determinadas, indicando relações mútuas entre conhecimentos de CTSA) e ao nível 2 (Reconhece que as atividades científica e tecnológica ocorrem sob interesses de particulares, para benefícios de alguns, às custas de outros). Como argumento, temos o reconhecimento dos discentes acerca da influência do capitalismo na alimentação e na produção de alimentos, a partir da influência nas políticas públicas, a fim de aumentar o lucro da indústria alimentícia (NESTLE, 2013) e o impacto emocional nos indivíduos em relação ao acesso a oportunidades de hábitos saudáveis (VINER; COLE, 2005).

Diferentemente da dinâmica da turma anterior, em que cada grupo leu os textos separadamente, os discentes da turma 2 sugeriram que a turma toda lesse e discutisse os textos e o caso 2 para, em seguida, os grupos se separarem e responderem as questões do caso. Essa dinâmica proporcionou discussões mais amplas e com pontos de vista mais diversos para que os grupos refletissem posteriormente, no momento de resposta às perguntas dos casos. Sugerimos, portanto, pela adoção dessa dinâmica em aplicações posteriores. Dito isso, o episódio a seguir ocorreu após a leitura do texto intitulado “Coca-Cola e Pepsi pagam milhões para esconder seu vínculo com a obesidade”, o qual relaciona o lobby das indústrias e sua influência na política e na produção científica. Como sugestão dos próprios discentes, fizemos uma dinâmica de leitura e discussão dos textos em conjunto, para posteriormente separar os grupos para resolução das perguntas do caso 2.

Episódio 40 (Aula 4/ Turma 2/ Leitura / 43’)
 “Eles causam o problema e financiam a solução”

1 – Aluna 13: Difícil situação/ viu/

2 – Aluna 15: No começo do texto ele fala que/ é/ as empresas financiam ONGs ne/ da luta contra a obesidade e diabetes. Eu falei com a ((colega)): **eles causam o problema e financiam a solução.**

3 – Aluna 13: É complicado. Eu nem sei porque me surpreendi. É bem a cara dessas empresas. Mas assim/ **é bom a gente ler essas coisas.** Esse mesmo/ que **eles financiam artigos pra falarem o quanto faz bem/** enfim.

4 – Aluna 12: **A gente vai procurar artigo porque tem embasamento/ né. É confiável/ ((risos))**

5 – Aluna 13: **A gente fica com um olhar crítico das coisas.** Tem muita coisa por baixo dos panos. Eu falo pra minha mãe assim/ até o que sai no Jornal Nacional/ sai nos jornais/ é escolhido a dedo.

6 – Aluna 12: **E a forma como é passado também/ é completamente diferente.**

7 – Aluno 14: **Como as propagandas estão influenciando a população.** É uma propaganda muito intensa em cima disso. E são alimentos que viciam. Eu conheço pessoas que são acostumadas a almoçar todos os dias refrigerante. Não serve um suco. Tem que ser refrigerante. E quem bebe sabe que é bom. E que é muito difícil se controlar. Porque ninguém se vicia comendo cenoura. Mas refrigerante/

8 – Aluno 16: É uma forma de manipulação da mídia. E está muito relacionado a esses grandes conglomerados de empresas/ de uma Coca-cola/ que tá sendo financiada. **E os comerciais é quase uma forma de lavagem cerebral.** É fora do normal. **Tem a questão também dos comerciais para crianças/ né. Porque eles foram proibidos.** Não pode mais ter comerciais para crianças. **Aí agora vem a tendência dos canais de Youtube/** que você tem pessoas que ficam o tempo todo/ eles ganham presentes de determinadas empresas e eles ficam fazendo vídeos abrindo os brinquedos. Nossa/ isso dá milhões de visualizações.

9 – Aluno 14: **E criança é bem mais influenciável.**

A reação dos discentes após a leitura do texto é de nítido desconforto ao perceber, pela leitura do texto, o tamanho e a abrangência da influência do lobismo das grandes corporações em nossa sociedade. No turno 2, a aluna 15 relaciona o investimento das indústrias de refrigerantes em ONGs envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade com uma aparente contradição: “eles causam o problema e financiam a solução”. A partir dessa frase, percebemos que a aluna critica o fato dessas empresas, ao invés de não causar o problema (no caso, a obesidade), preferem financiar uma solução com uma parcela ínfima do lucro proveniente do problema causado.

Nos turnos 3 a 6 podemos perceber, pelas falas dos discentes, o reconhecimento de interesses por trás da produção científica. Ao se depararem com as informações disponíveis na matéria sobre o enviesamento dos pesquisadores financiados pelas empresas, a aluna 12 se questiona sobre a confiabilidade dos artigos científicos (turno 4), a qual é complementada pela aluna 13 sobre a importância de ler de forma crítica as informações disponíveis,

independentemente de sua fonte (turno 5). Por fim, no turno 6, a aluna 12 abarca a parcialidade presente, não apenas nos dados e nas análises, mas no próprio discurso presente nos veículos de comunicação. A partir dessas interações discursivas, podemos reconhecer o alcance do terceiro estágio do nível 2, já que os discentes demonstraram reconhecer que as atividades científica e tecnológica ocorrem sob interesses de particulares, para benefícios de alguns, às custas de outros.

Por fim, ressaltamos um tema importante na prevenção e tratamento da obesidade abordado nos turnos 7 ao 9, pelos alunos 14 e 16: a propaganda infantil. Lobstein e Dibb (2005) apontam que a quantidade de publicidade na televisão infantil está relacionada diretamente à prevalência de excesso de peso corporal entre as crianças, sugerindo, portanto, a necessidade de tomar medidas preventivas para reduzir a exposição das crianças a propaganda de produtos obesogênicos. Embora não haja lei específica para regulação da propaganda infantil no Brasil, a interpretação de documentos fundamentais como a Constituição Federal, o Estatuto da Criança e do Adolescente, a Convenção das ONU sobre os Direitos da Criança, o Código de Defesa do Consumidor e a Resolução do Conselho Nacional dos Direitos da Criança e dos Adolescentes estabelecem a publicidade infantil como ilegal (HENRIQUES, 2010).

O último episódio de ensino a ser analisado para esta expectativa de ensino ocorreu enquanto a turma discutia sobre a leitura do texto “Apesar de lobby, nutricionistas lutam para promover alimentação adequada” com os alunos da turma 2, incluindo os grupos 3 e 4. Embora o tema desenvolvido no episódio não aborde, necessariamente, a questão da obesidade, as implicações do agronegócio impactam, além da alimentação, fatores sociopolíticos que estão relacionados com a obesidade e que podem auxiliar na validação da expectativa de ensino.

Episódio 37 (Aula 4/ Turma 2/ Leitura / 16’20)

“Tem uma galera querendo mudar isso aí”

1 – Aluna 13: **E o pior é que/ o agro é pop né.**

2 - Todos: ((Risos))

3 – Aluna 15: Então/ eu vejo ((o curso de)) agronomia como um lobo disfarçado de cordeiro.

Porque quando a gente fala assim/ agricultura/ a gente pensa em a agricultura familiar/ o pobre que trabalha na zona rural/ ninguém pensa nos grandes latifúndios/ na galera rica.

4 – Aluna 13: Agora/ **o curso de agronomia daqui é mais voltado para a agricultura familiar/** aqui

5 – Aluna 15: Sim/ sim. Mas tipo/

6 – Aluno 17: **Tem uma galera querendo mudar isso aí.** Antes de ser aprovada a chapa/ a ‘Refazenda’/ **tinha outra chapa concorrendo também/ que era o contrário/ era pra favorecer o agronegócio/** quer o curso voltado para o agronegócio.

7 – Aluna 13: E/ tipo como falam/ **é uma grande quantidade de dinheiro investido. É uma concorrência desleal.**

No primeiro turno, a aluna 13 insere na discussão a questão sobre a campanha publicitária “Agro é *tech*, agro é *pop*, agro é tudo”, a qual teve início em junho de 2016. Santos, Silva e Maciel (2019) salientam que a iniciativa do Grupo Globo é, propositalmente, a de defender os interesses de um setor político-econômico brasileiro: o agronegócio. A reação de risada dos alunos no turno 2 indica que eles compreendem a referência em citar a propaganda⁵⁷, reconhecendo que a indústria do agronegócio manipula a população através das campanhas publicitárias na maior emissora televisiva do país.

A campanha tem como formato padrão a apresentação da importância dos produtos agrícolas para consumo da sociedade brasileira, enfatizando a quantidade de empregos gerados em determinada atividade agrícola e o valor que sua produção movimenta na economia do país. Entretanto, essas informações contradizem os dados do Censo Agropecuário 2017, segundo o qual os pequenos produtores de base familiar são responsáveis por uma parcela maior da produção de alimentos e pela ocupação de mão de obra no campo, se comparado ao setor do agronegócio.

A propaganda, dentro da campanha publicitária, busca criar uma imagem moderna e positiva do sistema capitalista no campo, enquanto oculta as desigualdades rurais presentes no Brasil e, conseqüentemente, valoriza a concentração fundiária (SANTOS; SILVA; MACIEL, 2019). Carneiro e colaboradores (2015) apontam que esse modelo desenvolvimentista construído para o campo não poderia ser legitimado sem a força de um discurso poderoso, desenhando, no imaginário dos brasileiros, a promessa do progresso e do desenvolvimento.

No turno 3, continuando essa oposição entre latifúndios e agricultura familiar, a aluna 15 questiona os interesses dos cursos de graduação em agronomia, ao que a aluna 13, no turno 4, replica, afirmando que o curso de agronomia da universidade é voltado para a agricultura familiar. No turno 6, o aluno 17 se aprofunda nas relações políticas dentro da universidade,

⁵⁷ Utilizamos, aqui, a seguinte definição de propaganda: “Modo específico sistemático de persuadir visando influenciar, com fins ideológicos e políticos, as emoções, atitudes, opiniões ou ações do público alvo através de símbolos.” (SMITH, 2019, disponível em: <https://www.britannica.com/topic/propaganda>)

demonstrando que, nas últimas eleições de colegiado, havia chapas com interesses em favorecer a indústria do agronegócio nos cursos da universidade. Por fim, no turno 7, a aluna realça o domínio econômico e político do agronegócio nas disputas com a agricultura familiar, apontando a desigualdade na competição entre os dois modelos de produção no país (BRUNO, 2017).

A produção intertextual dos estudantes demonstra uma reflexão crítica acerca do discurso hegemônico sobre o agronegócio e suas influências políticas. As considerações dos alunos nesse episódio são muito interessantes e apontam claramente um alcance do terceiro estágio dos níveis 1 e 2 da ferramenta de análise do alcance do letramento científico crítico: respectivamente, o reconhecimento que ciência e tecnologia são, em certa medida, culturalmente determinadas, indicando relações mútuas entre conhecimentos de CTSA; e o reconhecimento que as atividades científica e tecnológica ocorrem sob interesses de particulares, para benefícios de alguns, às custas de outros.

Logo, a partir desses três episódios analisados, podemos perceber que, devido ao alcance de estágios avançados dos níveis 1 e 2 da ferramenta de análise do alcance de letramento científico, a expectativa de ensino alcançou seu objetivo.

Expectativa de ensino b) Orientar os discentes a reconhecerem estratégias e medidas de prevenção e tratamento da obesidade que sejam eficazes e inclusivas.

Para essa expectativa de ensino, foram analisados três episódios referentes à quarta aula da sequência didática, além das respostas dos grupos às questões do caso 2. O primeiro episódio a ser analisado envolveu uma discussão do Grupo 1 ao discutir a questão 3 do caso 2, referente às contribuições da herança epigenética da obesidade para a prevenção e tratamento da obesidade.

Episódio 25 (Aula 4/Turma 1/ Grupo 1/ 26')

“Não é todo mundo que vai conseguir ter esse mesmo acesso para colocar o seu produto pra vender”

1 – Professora: **As medidas estão sendo implementadas?**

2 – Aluna 3: **A gente não vê fortalecimento de agricultura familiar quando a gente vê ((o prefeito da cidade)) chegar ali e expulsa todos os comerciantes/ que são ambulantes.** Entendeu? Então ele não tá obedecendo/

3 – Aluna 6: Mas ele disse que ia abrir um espaço pra colocar os comerciantes que estão atrapalhando a passagem.

4 – Aluna 3: **Mas não é todo mundo que vai conseguir ter esse mesmo acesso pra colocar o seu produto pra vender ali/ e ainda tem as taxas e os impostos que ele passa a cobrar.**

5 - Aluna 2: Gente/ mas fica muito suja a rua com aqueles montes de ambulantes. Tipo/ eu não sei como tem que ser solucionado/ mas que realmente quando você chega ao final do dia/ é uma sujeira que não tem tamanho.

6 - Aluna 3: **Mas ele não podia colocar um lugar sem cobrar nada?**

7 - Aluna 1: **Poderia/ porque nosso imposto já pagaria o espaço.**

8 - Aluna 3: **Sim/ pra que cobrar?**

Esse episódio é marcado pelo reconhecimento do fator político como fundamental para a eficiência das medidas de prevenção e tratamento da obesidade. No turno 1, a professora questiona os discentes se as medidas discutidas ao longo da aula (principalmente o Decreto nº 8.553/2015, que institui o Pacto Nacional para Alimentação Saudável) são implementados na sociedade. A aluna 3, no turno 2, logo aponta a falta de aplicação de políticas públicas relacionadas ao incentivo da agricultura familiar, ao relacionar a forma como a prefeitura da cidade lida com os comerciantes de alimentos locais. Devido ao fortalecimento, promoção e comercialização de produtos da produção de agricultura familiar ser uma das diretrizes do Plano Nacional de Alimentação Saudável (art. 2º, inciso IV), a aluna levanta uma discussão pertinente sobre a gestão municipal em relação à legislação vigente.

Nos turnos seguintes, ocorre um debate sobre a gestão municipal entre as alunas do grupo. No turno 3, a aluna 6 argumenta que a medida do prefeito é relacionada à organização da cidade, e que será aberto um local específico para esses vendedores. A aluna 3 replica, considerando o custo de se estabelecer nesse novo espaço, em forma de taxas e impostos para o governo, gerando exclusão dos comerciantes locais e dificultando o acesso a alimentos saudáveis de agricultura familiar. No turno 5, a aluna 2 realça que, ainda assim, a cidade precisa de uma intervenção para solucionar a sujeira nos locais com vendedores ambulantes de alimentos. Nos próximos turnos, as alunas questionam a legitimidade da cobrança pelo local, considerando que a receita gerada pelos impostos poderia ser utilizada para esse fim, para que não houvesse necessidade em taxar os comerciantes locais.

Percebemos, mediante este debate, que as alunas utilizam suas experiências cotidianas para analisar sobre a atuação do governo e compreender que, além da legislação precisar ser posta em prática, deve-se considerar as questões sociais e econômicas para que as estratégias e medidas sejam eficazes e inclusivas. O reconhecimento de diferentes interesses, dimensões e fatores envolvidos em uma QSC é uma competência importante para o alcance do letramento científico crítico (HODSON, 2004; 2011; CONRADO; NUNES-NETO, 2018). Além disso,

esse episódio realça que a utilização de questões relacionadas ao cotidiano dos alunos fomenta o interesse deles em participar das discussões e, conseqüentemente, na mobilização dos conteúdos (HODSON, 2011).

Além disso, a preocupação das alunas em relação à exclusão dos comerciantes sugere o alcance do terceiro estágio do nível 3 da ferramenta de análise do alcance do letramento científico crítico, *i.e.* a capacidade de analisar criticamente contradições e coerência entre valores e condutas para formular sua própria opinião e juízo moral, justificados de modo fundamentado. Além da expectativa de ensino em questão, também podemos sugerir o alcance da expectativa de ensino (b) do terceiro princípio de design: Estimular os discentes a se posicionarem em prol de valores de justiça socioambiental.

Analisaremos, a seguir, um episódio que ocorreu ao longo da discussão sobre a questão 1 do caso 2, em relação ao papel da política em providenciar igualdade de oportunidades para se prevenir e tratar a obesidade (o mesmo contexto do episódio anterior).

Episódio 32 (Aula 4/ Turma 1/ Grupo 2/ 17’)
“É gente grande que tá lá na política”

1 – Aluno 8: **A política tem que entrar com ações sociais.** E/ sei la/ **fazer um projeto com alimentos que poderiam ser mais baratos pra determinada classe social/** A epigenética não é a informação que é passada de uma geração pra outra e pra outra? Então/ **se o governo dá uma medida hoje e ela é eficaz pra essa geração/ teoricamente/ se não tiver nenhum outro fator que atrapalhe/ vai passar pras próximas gerações.**

2 – Aluna 9: Pronto. Projetos sociais.

3 - Aluno 7: **A política também tem um papel importante na divulgação de informações.** Por exemplo/ não sei se vocês já viram na carteira de cigarro tem aqueles avisos. Mas por exemplo/ a ANVISA/ eles têm uma tabela com produtos com alto nível cancerígeno. E eles colocam o cigarro como o topo. É categoria A1/ eu acho. **Sobre esses produtos que a gente come/ assim/ embutido e tal/ estão no mesmo nível né. E a gente não sabe disso.** Mas por que? Quais são as empresas que fazem esses produtos? É JBS/ Friboi/ E quem faz a propaganda da Friboi? **São políticos que fazem propaganda da Friboi. É gente grande que tá lá na política. E aí/ não é interessante pra eles.**

4 – Aluno 8: Rapaz. É muito doído.

5 – Aluna 9: **Então eles preferem omitir isso e continuar ganhando dinheiro do que falar a verdade e se prejudicar. É muito questão da ambição.**

Logo no turno 1 podemos reconhecer, na fala do aluno 8, a importância de considerar o papel político para desenvolver estratégias eficazes na prevenção e tratamento da obesidade. O aluno cita a implementação de ações sociais e políticas públicas para facilitar o acesso econômico de produtos saudáveis como possíveis medidas. Ressalta-se, portanto, o fato do aluno reconhecer a necessidade de considerar questões socioeconômicas em medidas de

prevenção e tratamento da obesidade, a fim de alcançar estratégias mais inclusivas. Além disso, é importante notar que o aluno considera o conhecimento adquirido sobre herança epigenética em relação a essas estratégias e medidas.

Em seguida, no turno 3, o aluno 7 cita a divulgação de informações como uma função política para que a população possa se conscientizar sobre os danos associados ao consumo de certos alimentos. O aluno também desenvolve os interesses políticos e econômicos envolvidos no monopólio da informação, tanto na omissão de informações, como é o caso de alimentos avaliados como nocivos à saúde, quanto nas propagandas de empresas envolvidas em esquemas de lobismo, como o caso da empresa JBS S.A. (AZEVEDO, 2019). Em seguida, no turno 5, a aluna 9 sintetiza a questão, criticando a soberania do lucro capitalista acima das questões éticas pelo trecho “*Então eles preferem omitir isso e continuar ganhando dinheiro do que falar a verdade e se prejudicar.*”

Percebemos, nesse episódio, que os discentes reconheceram a importância de desenvolver estratégias que considerem fatores socioeconômicos e o reconhecimento de interesses políticos, a fim de alcançar uma prevenção e tratamento da obesidade mais eficaz e inclusiva. Logo, a partir das interações do episódio, podemos notar o alcance da expectativa de ensino proposta através do estágio 3 do nível 3: Analisa criticamente contradições e coerência entre valores e condutas para formular sua própria opinião e juízo moral, justificados de modo fundamentado.

Além disso, podemos também sugerir que as interações discursivas do episódio demonstram um alcance da expectativa de ensino anterior, já que os discentes demonstram reconhecer, tanto os fatores socioeconômicos envolvidos nas oportunidades e escolhas da população, quanto os fatores políticos e econômicos envolvidos no lobismo de grandes empresas na manipulação de informação para a população. Esses comentários apontam para o estágio 3 do nível 2: reconhecer que as atividades científica e tecnológica ocorrem sob interesses de particulares, para benefícios de alguns, às custas de outros, encontrando exemplos na QSC.

O próximo episódio ocorreu no momento de leitura do texto “Apesar de lobby, nutricionistas lutam para promover alimentação adequada” com os alunos da turma 2, incluindo ambos os grupos. O episódio se deu momentos antes do episódio 37, analisado para a expectativa de ensino (a) do quarto princípio.

Episódio 36 (Aula 4/ Turma 2/ Leitura / 14'20)
 “Deveria existir um estímulo do governo para produção orgânica”

1 – Aluna 13: Teve até uma redação do ENEM que mostrava **como que a propaganda influenciou na obesidade**. E tinha uma/ um exemplo que era a propaganda do batom/ se não me engano. Que dizia assim: “Você só é legal/ você só é feliz/ se você comprar batom”.

2 - Professora: **A coca cola/ todo comercial da coca cola é uma/ é vendendo felicidade**.

3 – Aluna 19: Do guaraná/ da fanta/

4 – Aluna 13: Então/ essas propagandas + **principalmente pra criança**. Porque criança tem aquela coisa de/ aquele desejo que você tem ne

5 – Aluno 14: E outra. É interessante essa questão da propaganda. Aqui. “Rotular as embalagens dizendo se é transgênico”. **Mas tu chega no supermercado/ todos os produtos tem o ‘tezinho’.** **Deveria ter uma regra no supermercado/ de equilibrar as vendas/** por exemplo. Não/ você chega no supermercado/ até o sabão é transgênico.

6 – Aluna 15: Mas assim/ **o preço dos produtos orgânicos são bem mais altos. Então pra eles/ não vale a pena botar/ que eles vão perder**.

7 – Aluno 14: **Mas aquela discussão da aula de hoje de sociologia. Por que eles são mais caros? Se a produção é mais barata?**

8 – Aluna 15: **Porque a produção é menor. Deveria existir um estímulo do governo para produção orgânica.**

Podemos reconhecer, nesse episódio, diversas temáticas relevantes para a proposta da SD. Primeiramente, nos turnos 1 ao 4, as alunas relacionam o assunto da matéria lida, acerca do lobismo da indústria alimentícia, com a influência da propaganda na obesidade. De acordo com Santos e Batalha (2010), grande parte da responsabilidade pelos problemas de má alimentação da população é causada pela propaganda de alimentos e sua influência nas escolhas alimentares, já que se utilizam de mensagens afetivas, com ênfase no sabor dos alimentos e no prazer. Os autores também apontam que a maior parte da publicidade é voltada para o público infantil, utilizando personagens animados, promoções e outros fatores que atraem a atenção das crianças. A exposição desse tipo de propaganda está relacionada à prevalência de excesso de peso corporal entre crianças, como explicado anteriormente no episódio 40 (LOBSTEIN; DIBB, 2005). É imperativo, portanto, tomar medidas preventivas para reduzir a exposição das crianças à propaganda de produtos obesogênicos ou utilizar estratégias de marketing para desenvolver estratégias visando a produção de anúncios mais responsáveis (SANTOS; BATALHA, 2010).

Em seguida, no turno 5, o aluno 14 relaciona a questão da propaganda com a rotulagem dos alimentos, principalmente em relação aos transgênicos. De acordo com o aluno, ainda que haja legislação específica para indicar se o produto é transgênico, não há opções no mercado,

em certos produtos, para que o consumidor possa optar por um alimento orgânico. O aluno aponta, então, a importância de desenvolver leis para equilibrar a oferta entre transgênicos e orgânicos em mercados, proporcionando oportunidade de escolha para o consumidor. Embora nos últimos anos tenha crescido a produção de insumos orgânicos devido ao interesse por uma alimentação mais saudável e um menor impacto ambiental no consumo⁵⁸, a produção das principais *commodities*, como soja e milho, ainda dominam, quase integralmente, o mercado na forma de transgênicos⁵⁹.

A aluna 15, no turno seguinte, argumenta que o monopólio da venda de transgênicos ocorre devido ao preço alto dos produtos orgânicos em comparação aos transgênicos, o qual diminui sua venda. A partir disso, o aluno 14 levanta uma discussão para o grupo, questionando o motivo dos orgânicos serem mais caros, se sua produção é menos custosa. Essa informação possui respaldo, por exemplo, no estudo de Schmitz e Kammer (2006), no qual conferem vantagem econômica na produção de insumos orgânicos, já que os custos para produzir transgênicos, como a utilização de produtos industriais como máquinas agrícolas, agrotóxicos e fertilizantes minerais, é muito alta.

Além disso, a dificuldade em quantificar o custo da produção de transgênicos está, principalmente, nas chamadas “externalidades”, *i.e.* os efeitos (na saúde, sociedade, ambiente, etc.) das atividades de produção e consumo que não se refletem diretamente nos valores financeiros diretos (DERANI; SCHOLZ, 2017). Na produção de transgênico podemos citar como externalidades o impacto na saúde proveniente do consumo e contaminação de transgênicos e agrotóxicos (HILBECK et al., 2015), no ambiente pelo uso de agrotóxicos, fertilizantes minerais, esgotamento do solo e erosão (JANK; GAUGITSCH, 2001) e em fatores socioeconômicos, devido aos produtores serem reféns do monopólio das sementes transgênicas pela Monsanto-Bayer (ROBIN, 2014). Portanto, ao estimar os custos dessas externalidades, percebemos que o custo da produção de transgênicos é muito mais elevada do que indicam os cálculos tradicionais – os quais possuem evidentes interesses econômicos para justificar sua utilização (MARGARIDO; BESKOW, 2001).

⁵⁸ <http://www.agricultura.gov.br/noticias/em-sete-anos-triplica-o-numero-de-produtores-organicos-cadastrados-no-mapa>

⁵⁹ <https://exame.abril.com.br/brasil/20-anos-depois-da-aprovacao-transgenico-se-torna-regra-no-campo/>

O conflito sobre o cultivo de produtos transgênicos e orgânicos marca o atual debate sobre a reforma agrária no Brasil, envolvendo questões socioambientais (como acesso aos recursos naturais e o direito à terra e aos insumos) e político-econômicas (como o domínio do lobby do agronegócio) (ANDRIOLI, 2008). Portanto, embora não seja um tema que integre diretamente a questão da obesidade, o debate possui relação com a alimentação saudável e com valores de justiça socioambiental na produção e consumo de alimentos. Dessa forma, é importante que os discentes tenham mobilizado tal discussão, enriquecendo a diversidade de temas abordados, e demonstrando o potencial da SD em abordar questões relacionadas indiretamente ao tema. Devido à relevância do tema e à sua capacidade de estimular os discentes nas discussões em sala de aula, propomos a possibilidade de integrar a proposta da SD desenvolvida por Silva e Maciel (2018) sobre alimentos transgênicos, convencionais e orgânicos a partir de uma perspectiva CTS (SANTOS; MORTIMER, 2002) à presente SD, de forma a abordar os diversos aspectos da alimentação saudável.

Logo, podemos notar, por esse episódio, o alcance da expectativa de ensino proposta através do estágio 3 do nível 3 da ferramenta de análise do alcance de letramento científico crítico: Analisa criticamente contradições e coerência entre valores e condutas para formular sua própria opinião e juízo moral, justificados de modo fundamentado. Isso ocorre devido aos discentes reconhecerem estratégias e medidas eficazes de prevenção e tratamento da obesidade a partir de discussões sobre valores presentes na propaganda de produtos e na produção e venda de alimentos. Ao relacionarem os interesses envolvidos nesses temas, os discentes se posicionam de forma crítica a partir de valores voltados à justiça socioambiental.

Por fim, é interessante realçar que o aluno 14, no turno 7, utiliza discussões ocorridas em outras disciplinas para incentivar o debate sobre o tema. Assim, temos um potencial para uma abordagem interdisciplinar da SD, de forma a desenvolver colaborações entre outros profissionais para chegar a uma síntese de contribuições de várias disciplinas para um problema complexo como a obesidade (TRESS; TRESS; FRY, 2004).

Pela análise desses episódios, podemos concluir que a expectativa de ensino foi alcançada. É importante notar que os discentes também relacionaram com sucesso a herança epigenética da obesidade como fator a ser considerado em estratégias eficazes para a prevenção e tratamento da obesidade. O grupo 3, por exemplo, respondeu na questão 3 do segundo caso: *“Um país com uma população que sofre influências de alimentos processados e*

*industrializados, com alto teor de açúcar, gorduras e carboidratos, nas gerações futuras terá uma probabilidade maior de transmitir marcadores genéticos que poderão desenvolver obesidade, doenças cardiovasculares, etc.”. Portanto, para analisar de forma mais adequada em aplicações posteriores, consideramos alterar a expectativa de ensino proposta para: *Orientar os discentes a reconhecerem estratégias e medidas de prevenção e tratamento da obesidade que sejam eficazes e inclusivas, considerando a herança epigenética da obesidade.**

5.2.5 Validação do quinto princípio de design

Para avaliar o alcance do quinto princípio de design, cujo propósito é “Promover estímulos para um letramento científico crítico em relação à QSC”, analisamos sua única expectativa de ensino através do Nível 4 da ferramenta de análise para alcance do letramento científico crítico e da ferramenta de análise sobre as capacidades de proposição de ação sociopolítica.

Expectativas de ensino a) Possibilitar que os discentes se envolvam no desenvolvimento de Ações Sociopolíticas.

Para analisar a expectativa de ensino, utilizaremos como material para análise, tanto os episódios ocorridos ao longo das aulas da sequência didática, quanto, principalmente, os projetos de ação sociopolítica desenvolvidos pelos grupos. Ambos os episódios a serem analisados ocorreram na quarta aula, no momento de discussão dos grupos para responder as questões do caso 2, especificamente, a questão 4, sobre medidas e ações individuais na prevenção e tratamento da obesidade considerando a herança epigenética.

Episódio 29 (Aula 4/ Turma 1/ Grupo 1/44’)
 “Eu, como indivíduo, não posso fazer nada”

1 – Aluna 3: **Eu/ como indivíduo/ não posso fazer nada.** Gente/ desculpa/ mas eu sozinha/ você sozinha/ ela sozinha/ ninguém vai poder fazer/

2 – Aluna 8: **Mas cada um faz sua parte. É igual você pensar em como consertar o meio ambiente. Eu faço minha parte.**

3 – Aluna 3: Vou fazer minha parte como? Eu não posso obrigar ninguém/

4 – Aluna 8: **Mas você pode propagar a informação. Sobre um estilo de vida saudável.**

5 – Aluna 3: **Por esse lado/ sim.**

A aluna 3, no turno 1, aponta o problema em solucionar o problema da obesidade a nível individual. Pelo seu discurso, a ação individual não é suficiente para a resolução de um

problema complexo e sistêmico como a obesidade. Prontamente a aluna 8 replica, considerando que o papel individual é essencial para que problemas como obesidade e, como exemplificado pela aluna, os impactos ambientais, sejam resolvidos. Essa discussão, colocada pelas duas alunas, perpassa diversos temas atuais, principalmente questões sociocientíficas, que necessitam uma abordagem sistêmica para serem resolvidas.

Para compreender como ações individuais podem – e devem – ser valorizadas, temos que entender que as mudanças na estrutura social são emergentes, *i.e.* são propriedades que surgem apenas em um determinado nível de complexidade e não podem ser analisadas apenas pelos fatores individuais que compõem a estrutura social (ELDER-VASS, 2010). Portanto, fenômenos coletivos são criados colaborativamente por indivíduos, mas não são redutíveis à explicação em termos de ações individuais (SAWYER, 2001). Assim, para que os discentes sejam estimulados a desenvolver, posteriormente, a ação sociopolítica, devem compreender que, ainda que ações individuais em escalas mais locais possam não parecer eficazes em uma escala maior, tais ações são essenciais – mas não suficientes – para a mudança da estrutura social.

Posteriormente, nos turnos 4 e 5, a aluna 8 convence a aluna 3 de que é possível fazermos nosso papel individual com divulgação das informações para conscientização. A divulgação como forma de atividade individual para a prevenção e tratamento da obesidade, como veremos adiante, foi a principal forma de ação sociopolítica proposta pelos alunos ao longo da sequência didática. Ainda que seja essencial, apenas a divulgação de informação não é suficiente para a resolução de problemas complexos e sistêmicos, sendo necessário considerar outras medidas, como organizar grupos de pressão política e propor soluções inovadoras para a resolução dos problemas (HODSON, 2011). Essa limitação em considerar a divulgação de informações como principal ação sociopolítica sugere que a SD pode ser refinada para aprofundar a reflexão dos discentes para alcançar uma visão mais abrangente sobre a ação sociopolítica na resolução da QSC.

Para que, nas próximas aplicações, os discentes alcancem uma compreensão mais ampla sobre sua atuação em problemas complexos e sistêmicos, bem como medidas eficazes de ação sociopolítica, sugerimos uma exploração prévia, pelo(a) professor(a), de exemplos de ação sociopolítica que podem ser desenvolvidas pelos discentes, através de exemplos reais, após a leitura do caso 3. Dessa forma, adicionamos ao caso 3 a seguinte questão orientadora: *Quais*

ações sociopolíticas podem ser desenvolvidas sobre a herança epigenética da obesidade? Considere os exemplos dados em sala de aula.

Portanto, a partir desse episódio, podemos situar o discurso das alunas em relação ao Nível 4 da ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico (Capacidade para tomada de decisão e para ações sociopolíticas) em estágios bem iniciais, com a aluna 3 passando do Estágio 0 (Não toma decisões sobre a QSC), para o Estágio 1 (Toma decisões desconsiderando consequências, prós e contras de ações e propostas). Embora a aula em questão não foque ainda na ação sociopolítica propriamente dita, o discurso apresentado pela aluna se mostra aquém do esperado para o momento da SD.

De forma a desenvolver o alcance dos alunos em relação à expectativa de ensino, analisaremos um segundo episódio para, enfim, analisarmos os projetos de ações sociopolíticas desenvolvidos pelos grupos. O episódio a seguir ocorreu enquanto os discentes discutiam para responder a questão 4 do caso 2: *Como nós, como indivíduos, podemos auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade?*.

Episódio 34 (Aula 4/ Turma 1/ Grupo 2/ 34’)

“Esse papel individual que a gente pode fazer é na sala de aula”

1 – Aluna 12: **Pode ser parando de consumir os alimentos.**

2 – Aluna 16: Primeiramente a gente pode colocar assim/ **porque antes da gente querer que as outras pessoas mudem/ a gente tem que mudar primeiro.**

3 – Aluna 12: **Mas aqui tá falando como indivíduo/ então é o que EU faria para combater.** Então primeiro pararia de consumir esse tipo de alimento. **E aí todo mundo para de comer/ e eles param de produzir e conseqüentemente vai diminuir a obesidade.**

4 - Aluna 7: **Também cobrar dos políticos mais/** como se diz/

5 – Aluna 19: **Individual!** Só tu vai cobrar do político! Como nós/ como INDIVÍDUOS/

6 – Aluno 17: Acho que vocês estão esquecendo coisas. **Aqui estamos numa turma de licenciatura né?** Então provavelmente cada um de nós aqui vai estar em uma sala com 40/ 50 alunos.

7 – Aluna 16: É verdade.

8 – Aluno 17: **Então esse papel individual que a gente pode fazer é na sala né. Porque a gente vai estar em contato com as próximas gerações. São as próximas gerações que vão sofrer as conseqüências da nossa.**

9 – Aluna 7: Isso. **Acho que cobrar dos políticos também.**

10 – Aluna 16: Isso. E dos professores também. Achei bem legal o que ele falou.

O episódio começa com o grupo dialogando sobre a resposta da questão 4. Nos primeiros turnos, já podemos perceber que as alunas sugerem ações focadas, principalmente, no âmbito individual, com mudança de hábitos (turnos 1 e 2). No turno 3, a aluna 19 aponta um possível problema em relação à interpretação sobre o que era proposto pela questão. Podemos

perceber, pela fala da aluna (“Mas aqui tá falando como individuo, então é o que EU faria para combater.”), que a questão precisa ser redigida para que os discentes compreendam que nossas ações individuais não precisam se limitar apenas ao âmbito individual para a resolução do problema. Assim, adicionamos possibilidades de ações individuais de ações sociopolíticas na questão, através da seguinte alteração: “*Como nós, como indivíduos parte de uma sociedade, podemos auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade, considerando: a) divulgação de informações; b) participação sociopolítica; c) pressão como consumidor e/ou cidadão; d) apoio emocional a obesos*”.

A ideia de que ações individuais se limitam a mudança de hábitos, entretanto, demonstra uma limitação dos discentes em compreender que as ações coletivas partem de ações individuais. Como citado no episódio anterior, as propriedades emergentes para mudança na estrutura social dependem das ações individuais, ainda que não possam ser reduzidas a essas (ELDER-VASS, 2010). Podemos perceber isso nos turnos 4 e 5: a aluna 7 sugere uma ação voltada para pressão política, e a aluna 19 a interrompe, lembrando-a que as ações devem ser individuais, ou seja, sugerindo que esse tipo de ação não cabe no âmbito individual. A aluna 7 volta a sugerir a pressão política como ação no turno 9, a qual foi incluída na resposta escrita do grupo.

Um pensamento contrário, mais otimista, também ocorre no episódio: a ideia de que as ações individuais são suficientes para mudanças sistêmicas. No turno 3, a aluna 19, ao desenvolver a opção de mudança de hábito individual como uma forma de auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade, conclui que, se mudarmos nossos hábitos, outras pessoas farão o mesmo, impactando a produção de produtos e, portanto, diminuindo a obesidade. Se por um lado o discurso da aluna 19 no turno 5 não reconhecia a ligação entre ações no nível macro (sociais e políticas) e no nível micro (individuais), o discurso da aluna 12 sugere que a ação individual é suficiente para alcançar as mudanças estruturais necessárias em um nível social e político – desconsiderando a organização em grupos de pressão política e a rede de interações necessárias para ampliar o escopo da ação. Embora ambos os tipos de pensamentos sejam contraditórios, não houve discussão entre as alunas sobre essa discordância, possivelmente pela pressa em responder a questão. Acreditamos que, com uma primeira aula explorando os aspectos teóricos do letramento científico crítico e ação sociopolítica, e com a adição da

exploração de exemplos de ações sociopolíticas no caso 3 e da questão orientadora, seja possível que debates como esse tenham mais oportunidades de ocorrer entre os grupos.

Por fim, nos turnos 6 a 8, vemos uma conscientização sobre o futuro papel profissional dos discentes como uma ação sociopolítica. O discurso do aluno 17 é interessante por apontar o impacto sociopolítico que um professor tem em sala de aula e, por consequência, na sociedade. Esses episódios demonstram uma compreensão do papel da educação como um ato político, perspectiva compartilhada por diversos educadores como FREIRE (1992; 2017), HOOKS (2017), GIROUX (1988), entre outros. Portanto, embora a reflexão sobre ação sociopolítica tenha sido limitada, a compreensão de seu papel como futuro(a) professor(a) em alcançar um ensino crítico que forme cidadãos socioambientalmente responsáveis demonstrou o potencial da SD na formação de professores de ciências que, de acordo com Giroux (1988), possuem uma “consciência crítico-reflexiva-emancipatória”.

De acordo com a análise desse episódio, podemos situar a interação discursiva dos discentes no estágio 1 do Nível 4 da ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico, *i.e.* tomada de decisões desconsiderando consequências, prós e contras e ações e propostas. Isso ocorre, pois, ainda que a questão tenha sido interpretada de uma outra forma, os discentes perceberam seus potenciais para atuação sociopolítica em sua profissão, além de seu papel como consumidor. Estágios mais avançadas de alcance do letramento científico crítico, entretanto, serão esperados no desenvolvimento da ação sociopolítica pelos grupos.

Devido a imprevistos externos ocorridos na última semana de aplicação, a SD foi reconfigurada da seguinte maneira: a aula 6 foi retirada do planejamento pela impossibilidade de aplicá-la, reunindo seu conteúdo juntamente com a aula 5, além de reunir os 4 grupos formados em apenas 2. Logo, a aula 5 foi constituída da leitura dos casos pelos discentes, planejamento da ação sociopolítica pelos dois grupos, e apresentação dos projetos de ação sociopolítica para refinamento. Cabe ressaltar que essas alterações, causadas por imprevistos externos, reduziram consideravelmente o tempo de reflexão e planejamento dos grupos, além de reduzir a quantidade de projetos de ações sociopolíticas desenvolvidos, comprometendo o alcance desejado para a dinâmica. Portanto, para próximas aplicações, sugerimos a aplicação da sequência didática em seu formato original de 6 aulas, de forma a analisar o alcance das expectativas de ensino desejadas.

Como demonstrado em episódios ao longo da sequência didática, a divulgação de informações foi o foco principal dos grupos no desenvolvimento da ação sociopolítica. Ambos os grupos formados planejaram formas de divulgação: o grupo 1, a partir de um panfleto informativo, e o grupo 2, um vídeo educativo. Durante o momento de apresentação dos projetos para a turma, esperava-se que houvesse grande participação dos discentes da turma para pontuar críticas e sugestões para o grupo. Entretanto, no momento de críticas e sugestões das propostas, houve participação principal da professora, com a tímida presença de participação dos discentes dos grupos. Acreditamos que isso tenha ocorrido devido à divisão da turma em apenas dois grupos após as mudanças na estrutura da SD causadas pelos imprevistos externos, e à insatisfação da professora com as limitações dos projetos desenvolvidos em relação ao foco na divulgação como proposta. Esses problemas ocorreram, principalmente, devido aos imprevistos externos que fragmentaram o desenvolvimento da SD e os grupos dos alunos. Espera-se que, em posteriores aplicações, com o formato original proposto da SD, tais problemas sejam mitigados.

Como forma de contornar o problema de falta de tempo em revisar o projeto na mesma aula, sugeriu-se um cronograma de atendimentos virtuais para que os discentes enviassem a segunda versão do projeto para análise da professora e do pesquisador e continuassem a desenvolvê-lo até a avaliação do final de semestre. Na segunda versão, os grupos demonstraram pouco amadurecimento em relação ao projeto apresentado em sala de aula, com poucas mudanças significativas na proposta – se mantendo, assim, no âmbito de divulgação de informação para conscientização. O primeiro grupo permaneceu na proposta de um panfleto informativo, enquanto o segundo grupo, por compreender as dificuldades envolvidas na produção audiovisual, propuseram a manufatura de uma história em quadrinho (HQ), com a história do casal Julia e Paulo. A seguir, analisaremos o desenvolvimento e a conclusão de cada proposta.

Grupo 1 – Panfleto informativo

O grupo 1 decidiu por desenvolver um panfleto informativo sobre herança epigenética da obesidade (Apêndice E). A proposta do grupo pelo material gerou críticas da professora devido à sua simplicidade, já que se esperava que os alunos fossem mais criativos e ambiciosos. Ainda assim, o grupo permaneceu com a proposta nas revisões seguintes do material. Além

disso, cabe ressaltar que, de acordo com Kline e Mattson (2000), o uso de panfletos para divulgação científica é controverso quanto à sua eficácia em transmitir a informação pretendida.

A primeira versão do panfleto produzido continha uma breve frase para cativar o leitor em sua primeira página e, por dentro, informações conceituais sobre marcações epigenéticas, uma breve informação sobre obesidade no mundo, uma frase apontando a possibilidade de transmissão para gerações futuras e, por fim, um alerta para a importância da alimentação saudável e disponibilizando um site para mais informações. Essa primeira versão continha erros conceituais sobre epigenética, discursos de alterização de pessoas obesas, uma visão determinista sobre herança epigenética, erros de gramática e ortografia, ausência do site proposto e estrutura desorganizada do folheto (de forma que, após a impressão e o dobramento, a ordem esperada não seria alcançada).

Após as críticas em relação à primeira versão, pouco foi alterado pelo grupo, com refinamento apenas nos problemas mais graves, demonstrando o baixo empenho dos discentes em produzir o material. Os discentes desenvolveram um modelo para o site proposto, composto de cinco abas: “Mas o que é essa tal de epigenética?”, em que ocorre um rápido resumo sobre o campo da epigenética e seus mecanismos; “Breve histórico”, em que explora os diferentes cientistas a trabalhar com epigenética na história da ciência; “Políticas públicas”, apresentando um resumo da lei 8.080/90⁶⁰, sobre condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde; “Está na hora de mudar seu hábito!”, com sugestões e dicas de hábitos saudáveis; e “Fique ligado!”, explicando sobre epigenética e obesidade. Embora possua informações referenciadas, indicando que o grupo pesquisou o conteúdo, a versão produzida do site é bem resumida, com apenas uma página por aba proposta, sem considerar a página inicial, o design ou imagens para estímulo visual, indicando também que o grupo não dispendeu tempo suficiente para produzir uma versão viável e aplicável do material.

Após esse primeiro refinamento do material pelo grupo, foi mandado novamente o material com uma nova revisão pela professora. Entretanto, o grupo não realizou um novo refinamento do material. O grupo se explicou por e-mail com a professora sobre a dificuldade em investir tempo na produção do material devido às provas das outras disciplinas ao final do

⁶⁰ Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências.

período. Entretanto, levando em consideração a disponibilidade da professora em auxiliar na revisão do material do grupo, a explicação do grupo não justifica a falta de compromisso de seus integrantes na produção de um material adequado. Logo, situamos o material produzido por esse grupo na ferramenta de análise para alcance do letramento científico crítico no Estágio 1 (Toma decisões desconsiderando consequências, prós e contras de ações e propostas) do Nível 4.

Em relação à ferramenta de análise sobre as capacidades assertivas da ação sociopolítica do grupo 1 (Quadro 12), podemos categorizá-la como uma proposta aquém do desejado para o alcance da proposta de ensino. Apesar do embasamento teórico fundamentado em referências científicas, o material se mostrou incompleto, com o site apenas parcialmente produzido, com discursos alarmistas capazes de gerar sobrecarga emocional e alterização em pessoas acima do peso e com pouco estímulo do grupo em aplicá-lo na sociedade. Consideramos que o projeto desenvolvido pelo grupo 1 necessita de muito aprimoramento para alcançar os requisitos esperados de uma ação sociopolítica, como a mobilização de outras dimensões, além da científica (social, ética, política e ambiental), e o reconhecimento de valores que gerem opressões e o compromisso com mudança para valores mais inclusivos (HODSON, 2018).

Quadro 12: Análise geral sobre as proposições de ação sociopolítica do grupo 1.

Critério	Assertivas de análise	Análise geral
Apresentação geral da proposição de ação sociopolítica	Introdução fundamentada em conceitos e dados relacionados à temática sobre a qual se propõe agir.	Contempla totalmente. O material aborda conceitos sobre epigenética e obesidade de forma breve no panfleto, e de forma mais explícita no site.
	Justificativa do ponto de vista social, científico, ético, político e ambiental.	Não contempla. O grupo não aborda questões além das conceituais e científicas.
Relevância social da ação sociopolítica proposta	Relação evidente com questões de alterização negativas presentes na sociedade atual.	Não contempla. O grupo utiliza discurso alarmista capaz de gerar sobrecarga emocional e alterização de pessoas acima do peso.
	Compromisso com a promoção de mudança de valores, discursos e práticas que geram alterização negativa.	Não contempla. O discurso alarmista utilizado no material reproduz valores que geram alterização negativa.
Possibilidades de aplicação da ação sociopolítica proposta	Exequível, em condições sociais, econômicas e contextuais dos proponentes.	Contempla parcialmente. A distribuição do panfleto é uma ação viável, mediante refinamento. Entretanto, o material é incompleto sem o site para aprofundar a informação.
	Descrição compreensível e detalhada de aspectos metodológicos relacionados à ação.	Não contempla. O grupo não descreve o objetivo, o público-alvo ou a logística da aplicação.

Grupo 2 – História em quadrinho (HQ)

A decisão por produzir uma HQ para divulgação científica pelo grupo 2 foi interessante e criativa (Apêndice F). O uso de narrativas visuais estão se tornando uma ferramenta popular para divulgação científica, tornando temas científicos mais acessíveis e atraentes para uma população mais ampla (FARINELLA, 2018). Williams (2008) aponta que o uso de HQs na educação pode atuar como uma ponte intermediária para a compreensão de conceitos mais complexos, através da combinação de imagens e palavras.

Diferentemente do grupo 1, o grupo 2 demonstrou um empenho e uma evolução no desenvolvimento da ação sociopolítica. Com melhoras visíveis no material a cada revisão pela professora e pelo pesquisador e um nítido interesse em aplicar o material posteriormente, pode-se perceber um esforço dos discentes em produzir um material adequado para divulgação. A primeira versão enviada continha o roteiro da HQ, com a ideia central, o conflito, a sinopse, os personagens e os diálogos em uma primeira versão do roteiro. Dessa forma, foi possível sugerir alterações para a manufatura da HQ antes de ser posta em prática. O material enviado continha informações detalhadas que auxiliaram na análise do projeto, evidenciando a organização dos discentes do grupo e o interesse em receber sugestões para o desenvolvimento da HQ. Ainda assim, a primeira versão do roteiro era apenas uma adaptação da história de Julia e Paulo, contada ao longo dos três casos da sequência didática, sendo criticada, portanto, a falta de criatividade dos discentes em desenvolver uma narrativa própria para a história.

Após a revisão da professora e do pesquisador, o grupo elaborou uma segunda versão do projeto. Além disso, foi enviada a primeira versão da HQ desenhada, com base no roteiro revisado. A HQ com uma qualidade que demonstrava o empenho do grupo na fabricação do material, principalmente visual. Entretanto, a pouca criatividade em desenvolver uma narrativa de história própria continuou sendo demonstrada nos personagens, no desenvolvimento da história e nos conflitos gerados – todos idênticos aos dos casos. Por outro lado, o grupo recorreu a adaptações interessantes para a HQ, como a inclusão de uma especialista no assunto para explicar questões conceituais sobre epigenética – embora presente certo discurso determinista. De modo geral, a HQ apresentou, de forma conceitualmente adequada e acessível, a maior parte dos temas abordados durante a SD, sugerindo que, mesmo após algumas semanas, as discussões das aulas continuaram influenciando a reflexão do grupo sobre o impacto da herança epigenética da obesidade.

Nesse caso, consideramos que, através desse material, o grupo alcançou um estágio intermediário entre o 2 e 3 no Nível 4 da ferramenta de análise de alcance do letramento científico crítico, *i.e.* respectivamente, tomada de decisões desconsiderando consequências, prós e contras de ações e propostas, e tomada de decisões considerando implicações, prós e contras e efeitos de ações e propostas. Estabelecemos esse estágio intermediário devido ao fato do material apresentar algumas indicações de que os discentes consideraram as implicações em relação ao discurso presente no material em certos temas discutidos durante a SD, como a

marginalização e sobrecarga individual de pessoas acima do peso. Entretanto, por recorrer a certo tipo de determinismo epigenético no discurso da HQ e não abordar questões socioeconômicas e políticas, certos temas não foram considerados com tanto afinco pelo grupo.

Embora o grupo tenha tido interesse em aplicar o material, após a avaliação da ação sociopolítica o grupo não se pronunciou para partir para a ação. Isso pode ter diversos motivos: o longo período entre a aplicação da SD e a produção final do material de ação sociopolítica; as obrigações de outras disciplinas dos discentes no final do período; e a falta de estímulo à aplicação pelo encerramento das notas. Para que a aplicação da ação sociopolítica seja incentivada, sugerimos que a mesma faça parte da avaliação dos discentes, já que a aplicação é uma etapa fundamental da ação sociopolítica e sua obrigatoriedade pode incentivar os grupos a produzir um material com mais esmero.

Em relação à ferramenta de análise sobre as capacidades assertivas da ação sociopolítica (Quadro 13), temos uma proposta fundamentada e justificada, que, no espaço disponível, aborda temáticas relevantes discutidas em sala de aula, juntamente com explicações de conceitos científicos. Nesse ponto, o material alcança outras dimensões, além da científica, como a social, ética e ambiental (HODSON, 2018). Ainda assim, consideramos que há espaços para aprimoramentos na proposta de ação sociopolítica do grupo, como a abordagem das relações sociais, políticas e econômicas do tema, as opressões e alterizações presentes no discurso científico, e o detalhamento da aplicação do material.

Quadro 13: Análise geral sobre as proposições de ação sociopolítica do grupo 2.

Critério	Assertivas de análise	Análise geral
Apresentação geral da proposição de ação sociopolítica	Introdução fundamentada em conceitos e dados relacionados à temática sobre a qual se propõe agir.	Contempla totalmente. São explicitados conceitos sobre epigenética, interação entre genótipo-ambiente-fenótipo, herança epigenética e cultural.
	Justificativa do ponto de vista social, científico, ético, político e ambiental.	Contempla parcialmente. São abordadas questões éticas e ambientais, mas as relações político-econômicas da obesidade se encontram ausentes.
Relevância social da ação sociopolítica proposta	Relação evidente com questões de alterização negativas presentes na sociedade atual.	Contempla parcialmente. Há relação explícita sobre opressão de gênero em relação à mudanças de hábitos, mas pouco sobre opressão em relação às pessoas obesas.
	Compromisso com a promoção de mudança de valores, discursos e práticas que geram alterização negativa.	Contempla parcialmente. A narrativa denuncia práticas alterizadoras em relação à opressão de gênero e mudanças no comportamento dos personagens, mas aborda pouco a opressão em relação às pessoas obesas.
Possibilidades de aplicação da ação sociopolítica proposta	Exequível, em condições sociais, econômicas e contextuais dos proponentes.	Contempla totalmente. Trata-se de uma ação viável e de custo médio, que requer apenas organização do grupo e distribuição do material nos locais apropriados.
	Descrição compreensível e detalhada de aspectos metodológicos relacionados à ação.	Contempla parcialmente. Ainda que o material produzido tenha cumprido seu objetivo estabelecido, não há detalhamento sobre sua aplicação.

De acordo com a análise sobre as capacidades assertivas da ação sociopolítica dos dois grupos (Quadros 12 e 13), podemos identificar que, no que se refere à apresentação geral da

proposição de ação sociopolítica, composta por uma introdução fundamentada e justificada em diferentes dimensões (social, científico, ético, político e ambiental), apenas o grupo 2 atendeu às características exigidas, ainda que tenha atendido parcialmente a segunda características. O grupo 1, embora tenha contemplado uma introdução fundamentada em conceito e dados relacionados à temática, não cumpriu a justificativa nas dimensões além da científica. Portanto, de modo geral, os grupos buscaram fundamentos e dados conceituais relacionados à temática, mas tiveram dificuldade em sustentar suas propostas para dimensões que não fossem científicas. Nesse sentido, embora os alunos tenham reconhecido as relações entre as diferentes dimensões na QSC, eles tiveram dificuldade em aplicar esse conhecimento de forma a proporcionar uma visão mais integral na ação sociopolítica. Sugerimos, portanto, questionar como os grupos irão considerar tais dimensões em seus projetos, durante as apresentações na sexta aula.

Em relação à relevância social da ação sociopolítica, composta pela relação da proposta com questões de alterização negativa e ao compromisso com a promoção de mudanças de valores, discursos e práticas que geram tais alterizações, identificamos que o grupo 2 contempla parcialmente suas características, pois embora denuncie práticas de opressão, essas focam principalmente na relação entre os gêneros, enquanto a opressão em relação às pessoas acima do peso não é considerada de forma explícita. Por outro lado, o grupo 1 não contemplou nenhuma característica do critério e utilizou discursos alarmistas, capazes de gerar sobrecarga emocional e marginalização de pessoas acima do peso. Da mesma forma que o critério anterior, a forma como os alunos desenvolveram seus projetos de ação sociopolítica não condizem com seus discursos nos episódios de ensino analisados. Portanto, realçamos a importância de investigar, no momento de apresentação dos projetos, como os grupos irão aplicar os temas abordados em sala de aula. Para isso, desenvolvemos um instrumento de avaliação de ação sociopolítica para discentes e docentes, com base nas características utilizadas na ferramenta de análise proposta por Paiva (2019), para que os alunos se orientem na elaboração do projeto, e para que possam avaliar, junto com o(a) professor(a) o projeto dos outros grupos (Apêndice G).

Por fim, o critério de análise ligado às possibilidades de aplicação da ação sociopolítica, relacionado à exequibilidade da proposta e à apresentação de uma descrição compreensível e detalhada de aspectos metodológicos ligados à ação, demonstrou que o grupo 2 contempla de forma adequada às características, embora o grupo não tenha detalhado a logística de sua

aplicação. Por outro lado, a proposta do grupo 1 possui uma viabilidade pela sua simplicidade, entretanto seu material se mostrou incompleto para aplicação, além de não incluir descrição sobre sua aplicação ou informações sobre o contexto, como objetivo e público-alvo. O momento de planejamento é fundamental e organizar bem as etapas pode promover uma ação melhor direcionada, principalmente em um contexto onde muitos discentes estão iniciando seu contato com a prática de ação sociopolítica (BENCZE et al., 2018).

Pelo fato da SD abordar temas inéditos para muitos discentes e exigir um nível de envolvimento (nas dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais) ao qual não estão acostumados, é esperado que nem todas as atividades orientadas por QSC sejam bem-sucedidas na promoção, no desenvolvimento e na manutenção de posturas ativistas (HODSON, 2018; MARQUES; REIS, 2018; PAIVA, 2019). Dessa forma, consideramos importante que a promoção do letramento científico crítico não se limite a uma SD, mas permeie o currículo a fim de estimular constantemente o envolvimento com ações sociopolíticas (HODSON, 2011; FREIRE, 2017).

Um segundo motivo que pode ter influenciado o alcance do quarto nível de letramento científico crítico foi a alteração da SD, o qual diminuiu o tempo disponível para discutir as propostas de ações sociopolíticas, e o distanciamento da professora colaboradora por motivos pessoais ao final da SD, o qual dificultou o contato direto com os estudantes, limitando o acompanhamento do desenvolvimento das ações sociopolíticas ao ambiente virtual. Por fim, embora a metodologia utilizada seja importante para analisar de forma adequada os efeitos da SD em relação ao alcance do letramento científico crítico, realçamos sua limitação em analisar os efeitos a longo prazo que podem ser estimulados nos estudantes, principalmente em relação ao seu envolvimento em ações sociopolíticas no futuro.

Considerando esses aspectos, podemos concluir que, para uma primeira abordagem desse tipo de atividade, os resultados obtidos são interessantes e sua análise pode auxiliar em abordagens mais eficazes do tema. Além disso, de acordo com Marques e Reis (2018), os erros experimentados pelos discentes no processo de desenvolvimento da ação sociopolítica podem ser oportunidades de melhorar seu desempenho futuro, antecipando possíveis equívocos no processo de planejamento dessas ações.

Consideramos, portanto, diante da análise dos episódios de ensino e da ação sociopolítica, que a expectativa de ensino foi parcialmente alcançada. Por um lado, a utilização de casos para a QSC favoreceu o reconhecimento, e aplicação parcial no projeto de ação sociopolítica, das relações CTSA e das diferentes dimensões relacionadas ao tema. Por outro, o envolvimento dos alunos no desenvolvimento da ação sociopolítica e a aplicação do conhecimento adquirido através das discussões em sala de aula foram aquém do esperado. A fim de auxiliar no alcance futuro da expectativa de ensino, resumimos algumas sugestões já citadas anteriormente: (1) abordar os aspectos teóricos da Educação CTSA, QSC e letramento científico crítico na primeira aula, de forma aos alunos relacionarem, antecipadamente, os objetivos da SD; (2) explorar exemplos de ações sociopolíticas com os discentes na quinta aula, solicitando o compartilhamento de possíveis casos e/ou problemáticas já enfrentados por eles como fonte para orientar e preparar para o processo de planejamento do projeto; (3) adicionar um questionário de critérios para o projeto de ação sociopolítica para orientação e avaliação dos alunos. Dessa forma, espera-se que, nas próximas aplicações, os alunos alcancem a expectativa de ensino e, conseqüentemente, o quarto nível do letramento científico crítico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese teve como objetivo investigar quais características uma SD sobre herança epigenética da obesidade possuem o potencial de promover a superação de uma visão genecêntrica e letramento científico crítico no contexto de formação de professores de Biologia. A partir da estrutura teórico-metodológica proporcionada pela pesquisa em design educacional, planejamos, desenvolvemos e avaliamos uma SD envolvendo a QSC de “herança epigenética da obesidade”, a partir do uso de casos, questões orientadoras e objetivos CPA de aprendizagem, organizados com base na estratégia das cinco fases. Essa avaliação se deu pela validação por pares da SD e da validação por amostra dos cinco princípios de design que orientaram seu desenvolvimento, por meio de sua aplicação em sala de aula.

No primeiro capítulo demonstramos, a partir da análise da literatura sobre a interação entre gene e ambiente e o conceito de herança biológica, a importância de abordar o campo da epigenética na formação de professores de biologia a fim de alcançar um ensino que supere o genocentrismo. Levando-se em conta que a visão genecêntrica ainda domina o ensino de Biologia, e que suas implicações podem gerar ideias equivocadas cientificamente e perigosas sociopoliticamente (LEWONTIN, 2000), consideramos importante abordar a epigenética de forma a superar a ideia de que os fenômenos biológicos podem ser explicados satisfatoriamente pelos fatores genéticos. Dessa forma, atestamos e defendemos a importância de repensarmos e propormos inovações para o currículo de Biologia e a formação de professores de forma a superar a dicotomia entre a natureza e a cultura, reconhecendo as interações complexas entre gene e ambiente, para alcançar uma compreensão além do determinismo genético e da herança de fatores exclusivamente genéticos.

Reconhecendo a importância de um ensino voltado para a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis, no segundo capítulo examinamos teoricamente o potencial da QSC de herança epigenética da obesidade em promover o letramento científico crítico, abordando as relações CTSA envolvidas no tema, os interesses e valores dos atores sociais envolvidos, as controvérsias, e as medidas voltadas para uma maior justiça socioambiental. Considerando seu aumento vertiginoso nas últimas décadas, chegou-se à conclusão de que a obesidade é um tema de extrema relevância na sociedade atual, mobilizando aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais, ambientais, éticos e emocionais para sua resolução. Através

de uma extensa investigação do tema e de sua relação com o campo da epigenética, foram propostas características substantivas e procedimentais que poderiam ser providas a uma SD sobre obesidade para promover letramento científico crítico e a superação de visão reducionista.

A partir dessa investigação teórica, da proposição dessas características e de objetivos educacionais – esses em diálogo também com o saber docente da professora colaboradora – foram elaborados princípios de design, que orientaram o desenvolvimento de um protótipo de intervenção educacional para aplicação no contexto do ensino de Genética Básica, em cursos de formação de professores de Biologia.

Por fim, procedeu-se a validação, tanto da SD, realizada por pares, quanto dos princípios de design, realizada através da aplicação da SD em sala de aula. A partir da discussão das análises referentes à validação por pares realizadas pelo questionário de avaliação da SD, e da análise do alcance das expectativas por meio da análise discursiva dos episódios de ensino dos episódios de ensino ocorridos em sala de aula e dos materiais desenvolvidos pelos alunos, realizamos o refinamento, tanto da SD, quanto dos princípios de design. Devido a problemas logísticos no decorrer da pesquisa, a SD foi aplicada sem o refinamento proveniente da validação por pares sendo, portanto, a análise das duas validações realizadas conjuntamente.

Em relação à validação por pares da SD, identificamos a concordância, em sua maioria, das ações didáticas aos objetivos de ensino, enquanto a concordância entre as ações didáticas e os objetivos CPA de aprendizagem foram apenas parcialmente atendidas, os quais foram refinados para melhor atender aos objetivos de ensino. Após as sugestões e críticas provenientes da validação por pares da SD, refinamos os objetivos CPA de aprendizagem, a estrutura da SD e os casos. Essas alterações foram realizadas para: adequar os objetivos às ações didáticas; explicitar o ensino dos referenciais teóricos de ensino; otimizar o tempo para as atividades em sala de aula; e tornar os casos mais controversos. A validação por pares foi essencial para reconhecer as qualidades e limitações da SD desenvolvida e, através das alterações sugeridas, refinar o material para o próximo protótipo.

No que se refere à validação dos princípios de design em sala de aula, temos como principais resultados em relação às expectativas de ensino referentes a cada um dos princípios:

Em relação ao primeiro princípio de design, a primeira expectativa de ensino, acerca da articulação da epigenética na relação entre genótipo, fenótipo e ambiente, foi relativamente alcançada mediante discussões acerca do desenvolvimento do vício, em que a maioria dos

alunos foram capazes de articular argumentos que consideravam a complexidade na interação dos fatores para o desenvolvimento de características multifatoriais, superando o discurso sobre determinismo genético. Entretanto, cabe ressaltar a presença do discurso de uma aluna garantindo à genética uma forte influência na determinação do alcoolismo, nas primeiras aulas. Caso tal posicionamento ocorra em aplicações posteriores, sugerimos o aprofundamento da discussão sobre a influência do ambiente no desenvolvimento do fenótipo, através da epigenética, utilizando casos e exemplos didáticos de características com influências genéticas e ambientais distintas.

A segunda expectativa de ensino, relacionada a promover uma reflexão crítica em relação aos discursos deterministas e/ou reducionistas, foi alcançada: a maioria dos discentes consideraram os aspectos multifatoriais das características discutidas, utilizando termos que evitassem um discurso determinista, em que as escolhas individuais determinariam as características futuras do indivíduo ou da próxima geração. Ainda assim, sugerimos pela inclusão de uma discussão mais explícita e aprofundada sobre as bases e consequências do determinismo, através de exemplos históricos, próximos da realidade dos alunos, e que envolvam algum tipo de opressão, como em questões de gênero, sexualidade e raça.

O segundo princípio de design, composto inicialmente de apenas uma expectativa de ensino relacionada ao alcance do conceito de herança biológica que incluía os fatores epigenéticos, foi alcançado satisfatoriamente, em virtude da capacidade dos discentes em reconhecer que a genética não é o único fator transmitido para as gerações seguintes. Entretanto, devido ao reconhecimento da importância da herança ambiental para características como a obesidade, percebemos a necessidade de reestruturar o princípio de design, ampliando seu escopo para a apropriação de fatores que abrangem a herança estendida: genéticos, epigenéticos, ambientais, comportamentais e culturais. Considerar os outros fatores envolvendo a herança estendida pode permitir o alcance de discussões mais prolíficas sobre prevenção e tratamento da obesidade, além da própria definição de herança biológica. De forma a abarcar as características relacionadas à essa segunda expectativa de ensino, reformulamos o princípio de design e a SD.

Para a primeira expectativa de ensino do terceiro princípio de design, analisamos o alcance dos discentes em reconhecer valores nos discursos sobre a herança epigenética da obesidade. A problematização das matérias de divulgação científica sobre herança epigenética

em sala de aula através de discussões sobre as opressões presentes nos discursos empregados e a relação de empatia com os personagens dos casos foram de grande importância para os discentes: identificaram os valores envolvidos nos discursos das matérias sobre sobrecarga de responsabilidade individual e suas consequências; compreenderam a importância em considerar valores de justiça socioambiental no discurso para comunicar o tema de forma a não causar opressões, considerando as questões sociais, econômicas, políticas e emocionais envolvidas; e relacionaram o conceito de ‘determinismo epigenético’ com a responsabilização – e consequente culpa – no indivíduo. Além disso, de forma a incentivar a discussão entre os discentes sobre a distinção de gênero nas implicações da obesidade, foi adicionado ao caso 1 uma abordagem que considere a sobrecarga emocional e psicológica do peso corporal na personagem Júlia. Acreditamos que a inclusão da relação do feminismo com a obesidade possa enriquecer os temas desenvolvidos na SD e estimular o engajamento dos discentes.

Em relação à segunda expectativa de ensino, relacionada ao posicionamento dos discentes em prol de valores de justiça socioambiental, identificamos as seguintes características que sugerem seu alcance: o posicionamento dos discentes pautados em valores de igualdade e empatia, a partir do compartilhamento de responsabilidade do pai com a mãe; o reconhecimento dos valores envolvidos no lobismo e nossa responsabilidade moral de nos posicionarmos em relação ao tema; e a consideração ética sobre nossas ações individuais e coletivas. Considerando a importância do tema do agronegócio na mobilização das características referentes à essa expectativa de ensino, incluímos uma nova questão orientadora para investigar, com os alunos, outros exemplos de lobismo e suas consequências para a sociedade e o ambiente.

A primeira expectativa de ensino do quarto princípio de design, relacionada a favorecer a análise do contexto histórico e de aspectos ideológicos, culturais, políticos, sociais, éticos e emocionais que influenciam a obesidade em nossa sociedade, foi alcançada através de discussões em sala de aula, onde os discentes demonstraram reconhecimento: das influências socioeconômicas e geográficas no acesso a alimentos; do impacto emocional e psicológico em discursos relacionados às dietas “saudáveis”; da influência da propaganda na comercialização de produtos industrializados como se fossem saudáveis; de propostas políticas para aumentar o acesso a alimentos saudáveis de maneira justa; e da abrangência da influência das corporações

em nossa sociedade, através do lobismo e o dos interesses envolvidos na produção científica, na mídia e na política.

A segunda expectativa de ensino, relacionada ao reconhecimento de estratégias e medidas de prevenção e tratamento da obesidade que sejam eficazes e inclusivas, foi alcançada através do reconhecimento, pelos alunos: da influência da política na eficiência e inclusão social das medidas de prevenção e tratamento da obesidade; da lacuna entre a legislação e sua aplicação; da necessidade de considerar questões socioeconômicas em medidas de prevenção e tratamento da obesidade, a fim de alcançar estratégias mais inclusivas; dos interesses políticos e econômicos na manipulação da informação na sociedade; da relação capitalista entre a privatização do lucro (de empresas alimentícias) e a socialização do prejuízo (em relação à prevenção e tratamento da obesidade); e da importância da produção e distribuição de alimentação saudável pautados em valores de justiça socioambiental. Por fim, reformulamos a expectativa de ensino para incluir a herança epigenética da obesidade de forma mais explícita.

O quinto e último princípio de design, composto de apenas uma expectativa de ensino, relacionada ao envolvimento dos discentes no desenvolvimento de ação sociopolítica, foi analisada a partir de dois episódios e dos projetos elaborados pelos grupos. Nos episódios ocorridos em sala de aula, os alunos apresentaram visões ingênuas e limitadas sobre ação sociopolítica: seja não reconhecendo seu papel individual na mudança social, ou, por outro lado, refletindo a ideia de que sua ação individual seria suficiente para resolver problemas sistêmicos. Por último, cabe ressaltar o reconhecimento, pelos alunos, da educação como ato político e, portanto, da oportunidade para desenvolvimento de ação sociopolítica na formação de professores críticos. Os projetos de ações sociopolíticas desenvolvidos pelos grupos mantiveram como foco principal a divulgação de informações para conscientização: um panfleto informativo e uma história em quadrinho. Enquanto o primeiro grupo obteve um desenvolvimento aquém do esperado em termos de conteúdo, discurso e motivação, o segundo grupo alcançou uma proposta mais adequada às características esperadas para a ação sociopolítica. Para que no segundo protótipo os discentes reflitam sobre outras medidas de ação sociopolítica, para além da divulgação de informações, sugerimos explorar, após a leitura do caso 3, exemplos reais de ação sociopolítica sobre diferentes QSC, além de guiar a reflexão dos alunos sobre a QSC específica da SD, através de questões orientadoras. Dessa forma, esperamos

que, com essas alterações, os alunos compreendam melhor as questões relacionadas à ação sociopolítica, e alcancem o quarto nível de letramento científico.

É importante considerar que a abordagem de temas e metodologias inéditas para os discentes exigem um nível de envolvimento, ao qual não costumam estar acostumados. Portanto, é esperado que as atividades orientadas por QSC não tenham o alcance planejado, principalmente no alcance da quarta fase do letramento científico crítico, já que esta necessita de uma abordagem curricular de longo prazo, e dificilmente será alcançada em poucos encontros.

Consideramos que os resultados desta tese reforçam a utilização do modelo de abordagem de QSC em sala de aula proposto por Conrado (2017) para a promoção do letramento científico crítico, a partir da utilização de casos, questões orientadoras e objetivos CPA de aprendizagem, estruturada com base na estratégia de cinco fases. Ao longo da SD foi possível mobilizar, de forma progressiva, as relações CTSA do tema, os valores e interesses envolvidos, o debate e posicionamento crítico e a participação sociopolítica. Além das razões teóricas apontadas no início do estudo, esta investigação produziu evidências empíricas que contribuem para corroborar: o potencial do campo da epigenética para a superação de um ensino de genética reducionista, considerando a complexa relação entre gene e ambiente, e a herança de fatores não genéticos; e o potencial do uso de uma QSC sobre herança epigenética da obesidade para o alcance de letramento científico crítico.

Além disso, ressaltamos que o trabalho colaborativo em conjunto com a professora da disciplina foi de suma importância para elaborar os princípios de design, o protótipo da SD e a análise dos resultados. Dessa forma, reafirmamos a necessidade desse tipo de parceria com os atores envolvidos nos próprios processos de mudanças nos contextos pedagógicos, buscando a adequação das características do produto educacional com os saberes teóricos e com os saberes docentes (DESGAGNÉ, 2007; BARBOSA; OLIVEIRA, 2015; PAIVA et al., 2019).

Entretanto, é importante reconhecer as limitações e dificuldades em alcançar os objetivos propostos na aplicação da SD, contextualizada em um currículo que não estimula a formação crítica ou até contradiz muitas de seus posicionamentos científicos. Logo, esperamos que as reflexões provenientes desta pesquisa sirvam como base para, não apenas implementar o campo da epigenética no ensino, mas repensar o próprio currículo de Biologia como um todo, seja no Ensino Superior ou no Ensino Básico. Defendemos, portanto, um ensino de Biologia

que considere a complexidade de mecanismos e processos que permeiam os fenômenos biológicos, bem como a reflexão crítica do uso sociopolítico dos discursos científicos atrelados a esse conhecimento. Dessa forma, acreditamos que será possível alcançar uma formação de professores, pesquisadores e cidadãos mais condizente com as discussões científicas atuais, além de capaz de formar indivíduos socioambientalmente responsáveis.

Embora a atual pesquisa ainda não possa generalizar o alcance dos princípios de design, já que necessita de outras aplicações em contextos diferentes em escopos maiores, a análise dos dados foi útil para refinar os princípios de design e a SD para uma próxima aplicação. Portanto, realçamos a importância da continuidade dessa pesquisa, de forma a realizar a quantidade de ciclos necessários na fase de prototipagem, para, enfim, alcançar a fase avaliativa.

REFERÊNCIAS

- ACHESON, E. D. On the state of the public health. **Public Health**, v. 102, n. 5, p. 431-437, 1988.
- AGORRAM, B. et al. Analysis of university students' knowledge about epigenetics. **Imperial Journal of Interdisciplinary Research**, v. 2, n. 9, p. 274-278, 2016.
- AGRAWAL, A. et al. Evidence for an interaction between age at first drink and genetic influences on DSM-IV alcohol dependence symptoms. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 33, n. 12, p. 2047-2056, 2009.
- AIKENHEAD, G. Whose scientific knowledge? The colonizer and the colonized. **Counterpoints**, v. 210, p. 151-166, 2002.
- AINGER, K.; KLEIN, K. **A spoonful of sugar** - How the food lobby fights sugar regulation in the EU. Bruxelas: Corporate Europe Observatory (CEO), 2016.
- ALABERT, C. et al. Two distinct modes for propagation of histone PTMs across the cell cycle. **Genes & Development**, v. 29, n. 6, p. 585-590, 2015.
- ALBRITTON, R. **Let them eat junk**: how capitalism creates hunger and obesity. Londres: Pluto Press, 2009.
- ALMEIDA, M. C. et al. Pesquisa colaborativa: um caminho para a superação da lacuna pesquisa-prática e promoção do desenvolvimento profissional docente. *In*: SEPULVEDA, C.; ALMEIDA, M. C. (Org.) **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia**. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016. p. 49-95.
- ALTHOFF, B. B. et al. Validação de uma sequência didática sobre herança epigenética da obesidade para a promoção do letramento científico crítico. *In*: **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (XII ENPEC)**, Natal, UFRN, 2019.
- ALTIERI, M. A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2ª Edição. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- AMANTES, A.; OLIVEIRA, E. A construção e o uso de sistemas de categorias para avaliar o entendimento dos estudantes. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 14, n. 2, p. 61-79, 2012.
- AMARAL, E. M. R.; MORTIMER, E. F. Uma metodologia para análise de dinâmica entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. *In*: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. **A pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias**. Ijuí: Editora Unijuí, 2006, p. 239-296.

ANDRADE, F. L. **Determinismo biológico e questões de gênero no contexto do ensino de biologia**: representações e práticas de docentes do ensino médio. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2011.

ANDRIOLI, A. I. Soja orgânica versus soja transgênica: um estudo sobre tecnologia e agricultura familiar na Região Fronteira Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Contexto & Educação**, v. 23, n. 80, p. 195-222, 2008.

ANJOS, F. S.; CARUSO, C. O.; CALDAS, N. V. Estado e agricultura familiar: o papel das políticas públicas de incentivo à agroindustrialização no extremo sul do Brasil. **Redes – Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 16, n. 3, p. 80-97, 2011.

ANJOS, L. A. **Obesidade e saúde pública**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2006.

ANVISA. AGENCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Recomendação nº 022**, 9 de junho de 2017. Disponível em: <<http://conselho.saude.gov.br/recomendacoes/2017/Reco022.pdf>> Acesso em: 06 out. 2019.

ANWAY, M. D. et al. Epigenetic transgenerational actions of endocrine disruptors and male fertility. **Science**, v. 308, n. 5727, p. 1466-1469, 2005.

ARAÚJO, L. A. L. A relação natureza e criação na era pós-genômica: abrindo possibilidades entre a educação e o conhecimento biológico. In: **VII Seminário Brasileiro de Estudos Culturais e Educação**, Canoas: UFRGS, 2017.

ARISTÓTELES. **Metafísica**. São Paulo: Edipro, 2012.

ARTEAGA, J. et al. Alterização, biologia humana e biomedicina. **Scientiae Studia**, v. 13, n. 3, p. 615-641, 2015.

ATAIDE, G. V. T. L.; BORJA, P. C. Justiça social e ambiental em saneamento básico: um olhar sobre experiências de planejamento municipais. **Ambiente & Sociedade**, v. 20, n. 3, p. 61-78, 2017.

AULER, D.; BAZZO, W. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

AZEVEDO, E. Lobbies alimentares. **Revista Ingesta**, v. 1., n. 1, p. 53-67, 2019.

AZEVEDO, R. O. M. et al. Questões sociocientíficas com enfoque CTS na formação de professores de Ciências: perspectiva de complementaridade. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 9, n. 18, p. 84-98, 2013.

BADLEY, G. Academic writing as shaping and re-shaping. **Teaching in Higher Education**, v. 14, n. 2, p. 209-219, 2009.

BAHIA, L.; ARAÚJO, D. V. Impacto econômico da obesidade no Brasil. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, v. 13, n. 1, p. 13-17, 2014.

BAKULSKI, K. M.; FALLIN, M. D. Epigenetic epidemiology: promises for public health research. **Environmental and Molecular Mutagenesis**, v. 55, n. 3, p. 171-183, 2014.

BAPTISTA, G. C. S. Do cientificismo ao diálogo intercultural na formação do professor e ensino de ciências. **Interacções**, v. 31, p. 28-53, 2014.

BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a pesquisa de desenvolvimento na Educação Matemática? **Perspectivas da Educação Matemática**, v. 8, n. 18, p. 526-546, 2015.

BASCHEPPI, R. Diabetes epidemic in newly westernized populations: is it due to thrifty genes or to genetically unknown foods? **Journal of the Royal Society of Medicine**, v. 91, n. 12, p. 622-625, 1998.

BEAUCHAMP, D. E. Public health as social justice. **Inquiry**, v. 13, n. 1, p. 3-14, 1976.

BENCZE, J. L.; ALSOP, S. **Activist Science and Technology Education**. Dordrecht: Springer, 2014.

BENCZE, L. et al. Estudantes agindo para abordar danos pessoais, sociais e ambientais relacionados à ciência e à tecnologia. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 515-559.

BERGER, S. L. et al. An operational definition of epigenetics. **Genes & Development**, v. 23, n. 7, p. 781-783, 2009.

BERGHEL, H. Malice domestic: the Cambridge Analytica dystopia. **Computer**, v. 51, n. 5, p. 84-89, 2018.

BERRY, R. J.; SEARLE, A. G. Epigenetic polymorphism of the rodent skeleton. **Proceedings of the Zoological Society of London**, v. 140, n. 4, p. 577-615, 1963.

BES-RASTROLLO, M. et al. Financial conflicts of interest and reporting bias regarding the association between sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review of systematic reviews. **PLoS medicine**, v. 10, n. 12, p. e1001578, 2013.

BHAT, M. A.; ANUPA, G.; GHOSH, D. Transgenerational epigenetic inheritance: where do we stand today? **Journal of Reproductive Health and Medicine**, v. 1, n. 2, 47-49, 2015.

BILLINGSLEY, J.; CARLSON, K. A. Epigenetic effects of diet on fruit fly lifespan: an investigation to teach epigenetics to biology students. **The American Biology Teacher**, v. 72, n. 4, p. 231-234, 2010.

BONDURIANSKY, R. Rethinking heredity, again. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 27, n. 6, p. 330-336, 2012.

BONDURIANSKY, R.; DAY, T. **Extended heredity**: a new understanding of inheritance and evolution. Princeton: Princeton University Press, 2018.

BORTOLETTO, A. P. **Publicidade de alimentos e obesidade infantil: uma reflexão necessária**. 2015. Época. Disponível em: <<https://epoca.globo.com/vida/noticia/2015/03/publicidade-de-alimentos-e-obesidade-infantil-buma-reflexao-necessariab.html>> Acesso em 06 ago. 2020.

BOSSDORF, O.; RICHARDS, C. L.; PIGLIUCCI, M. Epigenetics for ecologists. **Ecology Letters**, v. 11, n. 2, p. 106-115, 2008.

BOTELHO, F. J. **Epigênese radical**: a perspectiva dos sistemas desenvolvimentais. 2007. Dissertação (Mestrado em Filosofia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BOWLER, P. J. **Evolution**: The history of an idea (3ª edição revisada e expandida). Berkeley: University of California Press, 2003.

BOYD, R.; RICHERSON, P. J. **The Origin and Evolution of Cultures**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, 1988.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: meio ambiente, saúde. Brasília, 1997.

BRASIL. **Parecer CNE/CES nº 1.301/2001**. Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas. Brasília, 2001.

BRASIL. **Rotulagem nutricional obrigatória**: manual de orientação às indústrias de Alimentos - 2º Versão. Brasília, 2005.

BRASIL. **Projeto de Lei 1202/2007**, 30 de maio de 2007. Disciplina a atividade de lobby e a atuação dos grupos de pressão ou de interesse e assemelhados no âmbito dos órgãos e entidades da Administração Pública Federal, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=353631>. Acesso em 06 out. 2020.

BRASIL. **Decreto nº 7.272, de 25 de agosto de 2010**. Regulamenta a Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006, que cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas a assegurar o direito humano à alimentação adequada, institui a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – PNSAN, estabelece os parâmetros para a elaboração do Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, e dá outras providências. Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. **Orientações curriculares para o Ensino Médio**: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; volume 2. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Termo de Compromisso nº 004** entre o Ministério da Saúde e as Associações Brasileiras das Indústrias de Alimentação, das Indústrias de Massas Alimentícias, da Indústria de Trigo e da Indústria de Panificação e Confeitaria, com a finalidade de estabelecer metas nacionais para redução do teor de sódio em alimentos processados no Brasil. Brasília, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de Alimentação e Nutrição**. Brasília, 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde. **VIGITEL BRASIL 2017**. Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico. Brasília, 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Pesquisa VIGITEL 2018**: Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico: estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no Distrito Federal em 2018. Brasília, 2019.

BRITO, L. D.; SOUZA, M. L.; FREITAS, D. Formação inicial de professores de ciências e biologia: a visão da natureza do conhecimento científico e a relação CTSA. **Interacções**, v. 4, n. 9, p. 129-148, 2008.

BROOKS, W. K. **The law of heredity**: a study of the cause of variation, and the origin of living organisms. Baltimore: John Murphy & Co., 1883.

BROWNELL, K. D.; HORGAN, K. B. **Food fight**: the inside story of the food industry, America's obesity crisis, and what we can do about it. Chicago: Contemporary Books, 2004.

BRUKAMP, K. Epigenetics: biological, medical, social, and ethical challenges. In: HEIL, R. et al. (orgs.) **Epigenetics**: ethical, legal and social aspects. Wiesbaden: Springer VS, 2017, p. 83-94.

BRUNO, R. Bancada ruralista, conservadorismo e representação de interesses no Brasil contemporâneo. In: MALUF, R.; FLEXOR, G. **Questões agrárias, agrícolas e rurais**: conjunturas e políticas públicas. Rio de Janeiro: E-papers, 2017. p. 155-168.

BURBANO, H. A. Epigenetics and genetic determinism. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 13, n. 4, p. 851-863, 2006.

BYGREN, L. O. et al. Change in paternal grandmothers early food supply influenced cardiovascular mortality of the female grandchildren. **BMC genetics**, v. 15, n. 12, p. 1-6, 2014.

CACCIOPPO, J. T.; PATRICK, W. **Loneliness**: human nature and the need for social connection. New York: W.W. Norton & Company, 2008.

CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez Editora, 2005.

CAIN, R. 'This growing genetic disaster': obesogenic mothers, the obesity 'epidemic' and the persistence of eugenics. **Studies in the Maternal**, v. 5, n. 2, p. 1-25, 2013.

CALLAHAN, D. Obesity: chasing an elusive epidemic. **Hastings Center Report**, v. 43, n. 1, p. 34-40, 2013.

CÂMARA, M. C. C. et al. A produção acadêmica sobre a rotulagem de alimentos no Brasil. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 23, n. 1, p. 52-58, 2008.

CAPEWELL, S. Sugar sweetened drinks should carry obesity warnings. **BMJ**, v. 348, n. 3428, p. 1-2, 2014.

CAPUTO, M. V. **Comunicação e ciberativismo**: boicotes: novas práticas para o exercício da cidadania. 2008. Dissertação (Mestrado em Comunicação) - Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, UNESP, Bauru, 2008.

CAREY, N. **The epigenetics revolution**: how modern biology is rewriting our understanding of genetics, disease, and inheritance. New York: Columbia University Press, 2011.

CARNEIRO, F. F. et al. **Dossiê ABRASCO**: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro / São Paulo: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio, 2015.

CARPENTER, K. M. et al. Relationships between obesity and DSM-IV major depressive disorder, suicide ideation, and suicide attempts: results from a general population study. **American Journal of Public Health**, v. 90, n. 2, p. 251-257, 2000.

CARRYER, J.; PENNY, S. Addressing the panic about ‘obesity’: Policy to protect health. *In*: **Forum on Public Policy: A Journal of the Oxford Round Table**, 2008.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências**: tendências e inovações, São Paulo: Editora Cortez, 1993.

CARVALHO, I. N. **Uma proposta de critérios para selecionar conteúdos conceituais para o Ensino Médio de Biologia**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016

CARVALHO-NETO, M. B. et al. O projeto genoma humano e os perigos do determinismo reducionista biológico na explicação do comportamento: uma análise behaviorista radical. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 41-56, 2003

CARVER, R. B. et al. Young adults’ belief in genetic determinism, and knowledge and attitudes towards modern genetics and genomics: the PUGGS questionnaire. **PloS one**, v. 12, n. 1, p. e0169808, 2017.

CASAGRANDE, G. L. **A genética humana no livro didático de biologia**. 2006. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CASTAÑEDA, L. A. **As ideias Pré-mendelianas de herança e sua influência na teoria da evolução de Darwin**. 1992. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

CASTÉRA, J. et al. Genetic determinism in school textbooks: a comparative study conducted among sixteen countries. **Science Education International**, v. 19, n. 2, p. 163-184, 2008.

CASTÉRA, J.; CLÉMENT, P. Teachers' conceptions about the genetic determinism of human behaviour: a survey in 23 countries. **Science & Education**, v. 23, n. 2, p. 417-443, 2014.

CAVALIER-SMITH, T. Membrane heredity and early chloroplast evolution. **Trends in Plant Science**, v. 5, n. 4, p. 174-182, 2000.

CECCARELLI, D. History of inheritance. *In*: SHACKELFORD, T. K., WEEKES-SHACKELFORD, V. A. (org.) **Encyclopedia of evolutionary psychological science**. Basel: Springer Nature Switzerland, 2019.

CELESTE, R. K. Análise comparativa da legislação sobre rótulo alimentício do Brasil, Mercosul, Reino Unido e União Européia. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, n. 3, p. 217-223, 2001.

CHADWICK, R.; O'CONNOR, A. Epigenetics and personalized medicine: prospects and ethical issues. **Personalized Medicine**, v. 10, n. 5, p. 463-471, 2013.

CHAMPAGNE, F. A. Epigenetic mechanisms and the transgenerational effects of maternal care. **Frontiers in Neuroendocrinology**, v. 29, n. 3, p. 386-397, 2008.

CHAMPAGNE, F. A.; MEANEY, M. J. Transgenerational effects of social environment on variations in maternal care and behavioral response to novelty. **Behavioral Neuroscience**, v. 121, n. 6, p. 1353-1363, 2007.

CLARO, R. M. et al. Preço dos alimentos no Brasil: prefira preparações culinárias a alimentos ultraprocessados. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 32, n. 8, p. 1-13, 2016.

CLÉMENT, P.; CASTÉRA, J. Multiple representations of human genetics in biology textbooks. *In*: TREAGUST, D. F.; TSUI, C. Y. **Multiple representations in biological education**. Dordrecht: Springer, 2014. p. 147-163.

COBB, M. Heredity before genetics: a history. **Nature Reviews Genetics**, v. 7, n.12, p. 953-958, 2006.

COBB, P. et al. Design experiments in educational research. **Educational Researcher**, v. 32, n. 1, p. 9-13, 2003.

COBERN, W. W.; LOVING, C. C. Defining "science" in a multicultural world: implications for science education. **Science Education**, v. 85, n. 1, p. 50-67, 2001.

COHEN, S. **Folk devils and moral panics**. London: Routledge, 2011.

COLLINS, F. S.; MORGAN, M.; PATRINOS, A. The Human Genome Project: lessons from large-scale biology. **Science**, v. 300, n. 5617, p. 286-290, 2003.

CONDIT, C. M. Public understandings of genetics and health. **Clinical Genetics**, v. 77, n. 1, p. 1-9, 2010.

CONFESSORE, N. Meet the press: how James Glassman reinvented journalism - as lobbying. **Washington Monthly**, 2003. Disponível em: <https://washingtonmonthly.com/magazine/december-2003/meet-the-press/>. Acesso em 06 out. 2020.

CONRADO, D. M. **Questões Sociocientíficas na Educação CTSA**: contribuições de um modelo teórico para o letramento científico crítico. 2017. Tese (Doutorado em Ensino, História e Filosofia das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2017.

CONRADO, D. M.; CONRADO, I. S. Análise crítica do discurso sobre imagens da ciência e da tecnologia em argumentos de estudantes de biologia. **Revista de Pesquisa Qualitativa (RPQ)**, v. 4, n. 5, p. 218-231, 2016.

CONRADO, D. M.; EL-HANI, C. N. Formação de cidadãos na perspectiva CTS: reflexões para o ensino de ciências. *In: Atas do II Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia (II SINECT)*, Ponta Grossa, UTFPR, 2010.

CONRADO, D. M.; NUNES-NETO N. Questões Sociocientíficas e dimensões conceituais, procedimentais e atitudinais dos conteúdos no Ensino de Ciências. *In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO N. (Org.) Questões Sociocientíficas: Fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas*. Salvador: EDUFBA, 2018, p. 77-118.

CONRADO, D. M. et al. Ensino de biologia a partir de questões sociocientíficas: uma experiência com ingressantes em curso de licenciatura. **Indagatio Didactica**, v. 8, n. 1, p. 1132-1147, 2016.

CONRADO, D. M. et al. Uso do conhecimento evolutivo na tomada de decisão de estudantes do ensino médio sobre questões socioambientais. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 7, n. 14, p. 345-368, 2012.

CORRÊA, A. L. et al. Proposta de aproximação entre a evo-devo e a teoria de construção do nicho: perspectiva histórico-epistemológica para o Ensino de Biologia. *In: V Encontro Regional Sul de Ensino de Biologia (EREPIO-SUL)*, Londrina, 2011

COSTA, A. M.; SOUTO, L.; RIZZOTTO, M. L. F. Saúde é democracia: ontem, hoje e sempre. **Editorial: Saúde Debate**, v. 41, n. 115, p. 991-994, 2017.

COSTA, D.; CIPOLLA, C. Agricultura urbana: identificação de oportunidades de projeto para o processo produtivo e comercialização. **Mix Sustentável**, v. 2, n. 1, p. 114-130, 2016.

CRICK, F. On Protein Synthesis. *In: XII Symposia of the Society for Experimental Biology*, p. 138–163, 1958.

CRICK, F. Central dogma of molecular biology. *Nature*, v. 227, n. 5258, p. 561-563, 1970.

CRICK, F. **What Mad Pursuit**. New York: Basic Books, 1988.

CROUCH, C. **Post-democracy**. Cambridge: Polity Press, 2004.

DANCHIN, É. et al. Beyond DNA: integrating inclusive inheritance into an extended theory of evolution. **Nature Reviews Genetics**, v. 12, n. 7, p. 475-486, 2011.

DAR-NIMROD, I.; HEINE, S. J. Genetic essentialism: on the deceptive determinism of DNA. **Psychological Bulletin**, v. 137, n. 5, p. 800-818, 2011.

DARWIN, C. **The origin of species by means of natural selection**: or, the preservation of favored races in the struggle for life. London: John Murray, 1859.

DAWKINS, R. **The selfish gene**. New York: Oxford University Press. 1976.

DAXINGER, L.; WHITELAW, E. Understanding transgenerational epigenetic inheritance via the gametes in mammals. **Nature Reviews Genetics**, v. 13, n. 3, p. 153-162, 2012.

DE CASTRO BARBOSA, T. et al. High-fat diet reprograms the epigenome of rat spermatozoa and transgenerationally affects metabolism of the offspring. **Molecular Metabolism**, v. 5, n. 3, p. 184-197, 2016.

DE WIT, L. et al. Depression and obesity: a meta-analysis of community-based studies. **Psychiatry Research**, v. 178, n. 2, p. 230-235, 2010.

DEANS, C.; MAGGERT, K. A. What do you mean, “epigenetic”? **Genetics**, v. 199, n. 4, p. 887-896, 2015.

DEICHMANN, U. Epigenetics: the origins and evolution of a fashionable topic. **Developmental Biology**, v. 416, n. 1, p. 249-254, 2016.

DERANI, C.; SCHOLZ, M. C. A injustiça ambiental das externalidades negativas das monoculturas para commodities agrícolas de exportação no Brasil. **Revista de Direito Agrário e Agroambiental**, v. 3, n. 2, p. 1-25, 2017.

DESGAGNÉ, S. O conceito de pesquisa colaborativa: a ideia de uma aproximação entre pesquisadores universitários e professores práticos. **Revista Educação em Questão**, v. 29, n. 15, p. 7-35, 2007.

DIAS, P. C. et al. Obesidade e políticas públicas: concepções e estratégias adotadas pelo governo brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, n. 7, p. 1-12, 2017.

DOBZHANSKY, T. **Genetics and the origin of species**. New York: Columbia University Press, 1937.

DOBZHANSKY, T. Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. **The American Biology Teacher**, v. 35, n. 3, p. 125-129, 1973.

DONNELLY, G. E. et al. The effect of graphic warnings on sugary-drink purchasing. **Psychological Science**, v. 29, n. 8, p. 1321-1333, 2018.

DOUGHERTY, M. J. Closing the gap: inverting the genetics curriculum to ensure an informed public. **The American Journal of Human Genetics**, v. 85, n. 1, p. 6-12, 2009.

DOYLE, B. **Free will**: The scandal in philosophy. Cambridge: The Information Philosopher, 2011.

DRITS-ESSER, D. et al. Beyond the central dogma: bringing epigenetics into the classroom. **The American Biology Teacher**, v. 76, n. 6, p. 365-369, 2014.

DUNCAN, R. G. et al. A study of two instructional sequences informed by alternative learning progressions in genetics. **Science & Education**, v. 26, n. 10, p. 1115-1141, 2017.

DUNCAN, R. G.; ROGAT, A. D.; YARDEN, A. A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th–10th grades. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 46, n. 6, p. 655-674, 2009.

DUNN, A. G. et al. Conflict of interest disclosure in biomedical research: a review of current practices, biases, and the role of public registries in improving transparency. **Research Integrity and Peer Review**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 2016.

DUPONT, C.; ARMANT, D. R.; BRENNER, C. A. Epigenetics: definition, mechanisms and clinical perspective. **Seminars in Reproductive Medicine**, v. 27, n. 5, p. 351-357, 2009.

DUSCHINSKY, R. “Tabula rasa” and human nature. **Philosophy**, v. 87, n. 342, p. 509-529, 2012.

EDELSON, D. C. Design research: what we learn when we engage in design. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 11, n. 1, p. 105-121, 2002.

ELDER-VASS, D. **The causal power of social structures**: Emergence, structure and agency. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

EL-HANI, C. N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. **Genetics and Molecular Biology**, v. 30, n. 2, p. 297-307, 2007.

EL-HANI, C. N. Mendel in genetics teaching: some contributions from history of science and articles for teachers. **Science & Education**, v. 24, n. 1-2, p. 173-204, 2015.

EL-HANI, C. N. **Repensando o gene na era pós-genômica**. 2016. Tese para progressão de carreira do Magistério Superior – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

EL-HANI, C. N.; MORTIMER, E. F. Multicultural education, pragmatism, and the goals of science teaching. **Cultural Studies of Science Education**, v. 2, n. 3, p. 657-702, 2007.

ENCODE PROJECT CONSORTIUM et al. The ENCODE (ENCyclopedia of DNA elements) project. **Science**, v. 306, n. 5696, p. 636-640, 2004.

ENOCH, M. Genetic and environmental influences on the development of alcoholism: resilience vs. risk. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1094, n. 1, p. 193-201, 2006.

ERNST, U. R. et al. Epigenetics and locust life phase transitions. **Journal of Experimental Biology**, v. 218, n. 1, p. 88-99, 2015.

ESTEVÃO, C. V. Formação, gestão, trabalho e cidadania contributos para uma sociologia crítica da formação. **Educação & Sociedade**, v. 22, n. 77, p. 185-206, 2001.

EVANGELISTA, N. A. M. **O conceito de gene em livros didáticos de biologia celular e molecular do ensino superior**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências), Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

FADIGAS, M. D. **Racismo científico como plataforma para compreensão crítica das relações CTS: o estudo de desenvolvimento de uma sequência didática**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências), Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2015.

FAIRCLOUGH, N. **Critical Discourse Analysis**. London: SAGE Publications, 1995.

FAIRCLOUGH, N. **Discurso e mudança social**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

FALK, R. What is a gene? **Studies in the History and Philosophy of Science Part A**, v. 17, n. 2, p. 133-173, 1986

FALK, R. What is a gene? - Revisited. **Studies in History and Philosophy of Science Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences**, v. 41, n. 4, p. 396-406, 2010.

FANTI, L. et al. Canalization by selection of de novo induced mutations. **Genetics**, v. 206, n. 4, p. 1995-2006, 2017.

FARHAT, S. **Lobby, o que é, como se faz: ética e transparência na representação junto a governos**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2007.

FARINELLA, M. The potential of comics in science communication. **Journal of Science Communication**, v. 17, n. 01, p. 1-17, 2018.

FELIPPE, F.; SANTOS, A. M. Novas demandas profissionais: obesidade em foco. **Revista da ADPPUCRS**, v. 5, n. 1, p. 63-70, 2004.

FELSENFELD, G. A brief history of epigenetics. **Cold Spring Harbor Perspectives in Biology**, v. 6, n. 1, p. a018200, 2014.

FELT, U. et al. Timescapes of obesity: coming to terms with a complex socio-medical phenomenon. **Health**, v. 18, n. 6, p. 646-664, 2014.

FERREIRA, A. B.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Legislação brasileira referente à rotulagem nutricional de alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 83-93, 2007.

FIGESE, B. H. et al. Childhood obesity prevention from cell to society. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v. 24, n. 8, p. 375-377, 2013.

FIKKAN, J. L.; ROTHBLUM, E. D. Is fat a feminist issue? Exploring the gendered nature of weight bias. **Sex Roles**, v. 66, n. 9-10, p. 575-592, 2012.

FIRE, A. et al. Potent and specific genetic interference by double-stranded RNA in *Caenorhabditis elegans*. **Nature**, v. 391, n. 6669, p. 806-811, 1998.

FLECK, L. **Genesis and development of a scientific fact**. Chicago: University of Chicago Press, 1981.

FORSÉN, T. et al. The fetal and childhood growth of persons who develop type 2 diabetes. **Annals of Internal Medicine**, v. 133, n. 3, p. 176-182, 2000.

FOUCAULT, M. et al. **Em defesa da sociedade - Curso no Collège de France (1975-1976)**. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

FRANÇA, J. R. L. **Avaliação do teor de sódio, carboidratos, gorduras totais e saturadas em alimentos processados e ultraprocessados consumidos por escolares**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Nutrição) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

FRANCIS, R. **Epigenética: como a ciência está revolucionando o que sabemos sobre hereditariedade**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia da esperança: um reencontro com a pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1992.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 64^a ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2017.

FUJIMURA, J. H. Postgenomic futures: translations across the machine-nature border in systems biology. **New Genetics and Society**, v. 24, n. 2, p. 195-226, 2005.

FULLICK, P.; RATCLIFFE, M. **Teaching ethical aspects of science**. Southampton: Bassett Press, 1996.

FUMENTO, M. **The fat of the land: our health problem crisis and how overweight Americans can help themselves**. Westminster: Penguin Books, 1997.

GAESSER, G. A. **Big fat lies: the truth about your weight and your health**. Carlsbad: Gurze Books, 2002

GAJDUSEK, D. C. Unconventional viruses and the origin and disappearance of kuru. **Science**, v. 197, n. 4307, p. 943-960, 1977.

GALTON, F. **English men of science: their nature and nurture**. New York: D. Appleton & Co. 1895

GALTON, F. Eugenics: Its definition, scope, and aims. **American Journal of Sociology**, v. 10, n. 1, p. 1-25, 1904.

GALVÃO, C.; REIS, P.; FREIRE, S. A discussão de controvérsias sociocientíficas na formação de professores. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 17, n. 3, p. 505-522, 2011.

GARD, M.; WRIGHT, J. **The obesity epidemic: science, morality and ideology**. Londres: Routledge, 2005.

GAVIN, A. R.; SIMON, G. E.; LUDMAN, E. J. The association between obesity, depression, and educational attainment in women: the mediating role of body image dissatisfaction. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 69, n. 6, p. 573-581, 2010.

GELLER, L. N. et al. **The double-edged helix: social implications of genetics in a diverse society**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2002.

GELMAN, S. A. Psychological essentialism in children. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 8, n. 9, p. 404-409, 2004.

GERICKE, N. M. et al. Conceptual variation or incoherence? Textbook discourse on genes in six countries. **Science & Education**, v. 23, n. 2, p. 381-416, 2014.

GERICKE, N. M. et al. Exploring relationships among belief in genetic determinism, genetics knowledge, and social factors. **Science & Education**, v. 26, n. 10, p. 1223-1259, 2017.

GERICKE, N. M.; MCEWEN, B.; THÖRNE, K. Epigenetic literacy and the implementation of epigenetics in school biology. *In: European Researchers In Didactics Of Biology Conference (ERIDOB)*, Zaragoza, Spain, 2018.

GERSTEIN, M. B. et al. What is a gene, post-ENCODE? History and updated definition. **Genome Research**, v. 17, n. 6, p. 669-681, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILBERT, S. F. Induction and the origins of developmental genetics. *In: GILBERT, S. F. (Org.) Developmental biology: a comprehensive synthesis (Volume 7: A conceptual history of modern embryology)*. New York: Plenum Press, 1991, p. 181-206.

GILBERT, S. F.; EPEL, D. **Ecological developmental biology: integrating epigenetics, medicine, and evolution**. Sunderland: Sinauer Associates, 2009.

GILLMAN, M. W. Developmental origins of health and disease. **The New England Journal of Medicine**, v. 353, n. 17, p. 1848-1850, 2005.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GIROUX, H. A. **Os professores como intelectuais**: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 1988.

GIROUX, H. A. Critical pedagogy and the postmodern/modern divide: towards a pedagogy of democratization. **Teacher Education Quarterly**, v. 31, n. 1, p. 31-47, 2004.

GIROUX, H. A.; GIROUX, S. S. Challenging neoliberalism's new world order: The promise of critical pedagogy. **Cultural studies - Critical methodologies**, v. 6, n. 1, p. 21-32, 2006.

GIVEL, M. Punctuated equilibrium in limbo: The tobacco lobby and US state policymaking from 1990 to 2003. **Policy Studies Journal**, v. 34, n. 3, p. 405-418, 2006.

GLUCKMAN, P. D.; HANSON, M. A. Developmental and epigenetic pathways to obesity: an evolutionary-developmental perspective. **International Journal of Obesity**, v. 32, n. S7, p. S62-S71, 2008.

GOLDMAN, M. A. Epigenetic determinism. **Science**, v. 325, n. 5942, p. 816, 2009.

GORARD, S. Can we overcome the methodological schism? Four models for combining qualitative and quantitative evidence. **Research Papers in Education Policy and Practice**, v. 17, n. 4, p. 345-361, 2002.

GORTMAKER, S. L. et al. Changing the future of obesity: science, policy, and action. **The Lancet**, v. 378, n. 9793, p. 838-847, 2011.

GOSLING, A. L. et al. Pacific Populations, Metabolic Disease and 'Just-So Stories': A Critique of the 'Thrifty Genotype' Hypothesis in Oceania. **Annals of Human Genetics**, v. 79, n. 6, p. 470-480, 2015.

GOTTESMAN, I. I.; GOULD, T. D. The endophenotype concept in psychiatry: etymology and strategic intentions. **American Journal of Psychiatry**, v. 160, n. 4, p. 636-645, 2003.

GOULD, S. J. **A falsa medida do homem**. São Paulo: Martins Fontes. 1991

GOULD, S. J. **The structure of evolutionary theory**. Cambridge: Harvard University Press, 2002.

GOULD, S. J.; LEWONTIN, R. C. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. **Proceedings of the Royal Society of London. Series B. Biological Sciences**, v. 205, n. 1161, p. 581-598, 1979.

GRANDJEAN, V. et al. RNA-mediated paternal heredity of diet-induced obesity and metabolic disorders. **Scientific Reports**, v. 5, n. 18193, p. 1-9, 2015.

- GRAVLEE, C. C. How race becomes biology: embodiment of social inequality. **American Journal of Physical Anthropology**, v. 139, n. 1, p. 47-57, 2009.
- GREER, E. L. et al. Transgenerational epigenetic inheritance of longevity in *Caenorhabditis elegans*. **Nature**, v. 479, n. 7373, p. 365-371, 2011.
- GRIFFITHS, P. E. Genetic Information: A Metaphor in Search of a Theory. **Philosophy of Science**, v. 68, n. 3, p. 394-412, 2001
- GRIFFITHS, P. E.; STOTZ, K. Genes in the postgenomic era. **Theoretical medicine and bioethics**, v. 27, n. 6, p. 499-521, 2006.
- GRIFFITHS, P. E.; STOTZ, K. **Genetics and philosophy**: an introduction. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- GROSSNIKLAUS, U. et al. Transgenerational epigenetic inheritance: how important is it? **Nature Reviews Genetics**, v. 14, n. 3, p. 228-235, 2013.
- GUDSNUK, K. M. A.; CHAMPAGNE, F. A. Epigenetic effects of early developmental experiences. **Clinics in Perinatology**, v. 38, n. 4, p. 703-717, 2011.
- GUÉNARD, F. et al. Differential methylation in glucoregulatory genes of offspring born before vs. after maternal gastrointestinal bypass surgery. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 28, p. 11439-11444, 2013.
- HABERMANN, M.; GOUVEIA, N. Justiça Ambiental: uma abordagem ecossocial em saúde. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. 6, p. 1105-1111, 2008.
- HACKETT, J. A. et al. Germline DNA demethylation dynamics and imprint erasure through 5-hydroxymethylcytosine. **Science**, v. 339, n. 6118, p. 448-452, 2013.
- HAFEKOST, K. et al. Tackling overweight and obesity: does the public health message match the science? **BMC Medicine**, v. 11, n. 1, p. 41, 2013.
- HAIG, D. The (dual) origin of epigenetics. *In*: **LXIX Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology**, 2004.
- HAIG, D. Commentary: The epidemiology of epigenetics. **International Journal of Epidemiology**, v. 41, n. 1, p. 13-16, 2012.
- HALES, C. N.; BARKER, D. J. P. Type 2 (non-insulin-dependent) diabetes mellitus: the thrifty phenotype hypothesis. **Diabetologia**, v. 35, n. 7, p. 595-601, 1992.
- HALES, C. N.; BARKER, D. J. P. The thrifty phenotype hypothesis: Type 2 diabetes. **British Medical Bulletin**, v. 60, n. 1, p. 5-20, 2001.
- HAMILN, R. P.; WILSON, T. The impact of cause branding on consumer reactions to products: does product/cause 'fit' really matter?, **Journal of Marketing Management**, v. 20, n. 7-8, p. 663-681, 2004.

- HANNON, G. J. RNA interference. **Nature**, v. 418, n. 6894, p. 244-251, 2002.
- HEARD, E.; MARTIENSSEN, R. A. Transgenerational epigenetic inheritance: myths and mechanisms. **Cell**, v. 157, n. 1, p. 95-109, 2014.
- HEDLUND, M. Epigenetic responsibility. **Medicine Studies**, v. 3, n. 3, p. 171-183, 2012.
- HEIJMANS, B. T. et al. Persistent epigenetic differences associated with prenatal exposure to famine in humans. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 105, n. 44, p. 17046-17049, 2008.
- HEIL, R. et al. **Epigenetics: ethical, legal and social aspects**. New York: Springer, 2017.
- HELANTERÄ, H.; ULLER, T. The Price equation and extended inheritance. **Philosophy and Theory in Biology**, v. 2, n. 201306, p. 1-17, 2010.
- HELMORE, E. **Fast-food giants feeling heat from the film of the book**. The Guardian. 21 mai. 2006. Disponível em: <https://www.theguardian.com/business/2006/may/21/film.media>. Acesso em: 06 out. 2020.
- HENRIQUES, I. V. M. Controle social e regulação da publicidade infantil: O caso da comunicação mercadológica de alimentos voltada às crianças brasileiras. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 4, n. 4, p.72-84, 2010.
- HILBECK, A. et al. No scientific consensus on GMO safety. **Environmental Sciences Europe**, v. 27, n. 1, p. 4, 2015.
- HO, M. W.; SAUNDERS, P. T. Beyond neo-Darwinism—an epigenetic approach to evolution. **Journal of theoretical Biology**, v. 78, n. 4, p. 573-591, 1979.
- HODSON, D. **Looking to the future: building a curriculum for social activism**. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.
- HODSON, D. Going beyond STS: towards a curriculum for sociopolitical action. **The Science Education Review**, v. 3, v. 1, p. 2-7, 2004.
- HODSON, D. Don't be nervous, don't be flustered, don't be scared: be prepared. **Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education**, v. 13, n. 4, p. 313-331, 2013.
- HODSON, D. Realçando o papel da ética e da política na educação científica: algumas considerações teóricas e práticas sobre Questões Sociocientíficas. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018, p. 27-57.
- HOFFMEYER, J. The central dogma: a joke that became real. **Semiotica**, v. 138, n. 1/4, p. 1-13, 2002.
- HOLLIDAY, R. A new theory of carcinogenesis. **British Journal of Cancer**, v. 40, n. 4, p. 513-522, 1979.

HOLLIDAY, R. DNA methylation and epigenetic inheritance. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences**, v. 326, n. 1235, p. 329-338, 1990.

HOLLIDAY, R. Epigenetics: a historical overview. **Epigenetics**, v. 1, n. 2, p. 76-80, 2006.

HOLLIDAY, R.; PUGH, J. E. DNA modification mechanisms and gene activity during development. **Science**, v. 187, n. 4173, p. 226-232, 1975.

HOOKS, B. **Ensinando a transgredir**: a educação como prática de liberdade. 2ª ed., São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2017.

HURLE, B. et al. What does it mean to be genomically literate? National Human Genome Research Institute meeting report. **Genetics in Medicine**, v. 15, n. 8, p. 658-663, 2013.

HUXLEY, J. **Evolution**: the modern synthesis. Crows Nest: Allen & Unwin, 1942.

HUYPENS, P. et al. Epigenetic germline inheritance of diet-induced obesity and insulin resistance. **Nature genetics**, v. 48, n. 5, p. 497-499, 2016.

IBOPE Inteligência. **67% dos brasileiros preferem o semáforo nutricional nos rótulos de alimentos e bebidas**. 2017. Disponível em: <http://ibopeinteligencia.com/noticias-e-pesquisas/67-dos-brasileiros-preferem-o-semaforo-nutricional-nos-rotulos-de-alimentos-e-bebidas/>. Acesso em: 06 out. 2020.

INGOLD, T.; PALSSON, G. **Biosocial becoming**s: integrating social and biological anthropology. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

INOUE, A. et al. Maternal H3K27me3 controls DNA methylation-independent imprinting. **Nature**, v. 547, n. 7664, p. 419-424, 2017.

JABLONKA, E. Epigenetic epidemiology. **International Journal of Epidemiology**, v. 33, n. 5, p. 929-935, 2004.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Epigenetic inheritance and evolution**: the Lamarckian dimension. Oxford: Oxford University Press, 1999.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. The changing concept of epigenetics. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 981, n. 1, p. 82-96, 2002.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. **Evolução em quatro dimensões**: DNA, comportamento e a história da vida. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

JABLONKA, E.; RAZ, G. Transgenerational epigenetic inheritance: prevalence, mechanisms, and implications for the study of heredity and evolution. **The Quarterly review of biology**, v. 84, n. 2, p. 131-176, 2009.

JACOB, F. **A lógica da vida**: uma história da hereditariedade. Rio de Janeiro: Edições Grall, 1983.

JACOB, F.; MONOD, J. Genetic regulatory mechanisms in the synthesis of proteins. **Journal of molecular biology**, v. 3, n. 3, p. 318-356, 1961.

JAGER, M. E. et al. O corpo como meio de aceitação e inserção social: Contribuições a partir de Jeffrey Young. **Boletim de Psicologia**, v. 67, n. 146, p. 37-50, 2017.

JAMIESON, A.; RADICK, G. Genetic determinism in the genetics curriculum. **Science & Education**, v. 26, n. 10, p. 1261-1290, 2017.

JAMIESON, A.; RADICK, G. Putting Mendel in his place: How curriculum reform in genetics and counterfactual history of science can work together. *In*: KAMPOURAKIS, K. **The philosophy of biology**. Dordrecht: Springer, 2013. p. 577-595.

JANK, B.; GAUGITSCH, H. Assessing the environmental impacts of transgenic plants. **Trends in Biotechnology**, v. 19, n. 9, p. 371-372, 2001.

JHA, P. et al. Reducing the burden of smoking world-wide: effectiveness of interventions and their coverage. **Drug and Alcohol Review**, v. 25, n. 6, p. 597-609, 2006.

JOHANNSEN, W. The genotype conception of heredity. **The American Naturalist**, v. 45, n. 531, p. 129-159, 1911.

JOHN-SOWAH, J. Implications of viewing obesity as a disease. **AMA Journal of Ethics**, v. 7, n. 11, p. 759-763, 2005.

JUSTINA, L. A. D. et al. A herança genotípica proposta por Wilhelm Ludwig Johannsen. **Filosofia e História da Biologia**, v. 5, n. 1, p. 55-71, 2010.

KAHN, S.; ZEIDLER, D. L. Using our heads and HARTSS: developing perspective taking skills for socioscientific reasoning (Humanities, ARTs, and Social Sciences). **Journal of Science Teacher Education**, v. 27, n. 3, p. 261-281, 2016.

KAMPOURAKIS, K. Mendel and the path to genetics: Portraying science as a social process. **Science & Education**, v. 22, n. 2, p. 293-324, 2013.

KANG, J. et al. Epigenetics for the 21st-century biology student. **Journal of Microbiology & Biology Education**, v. 20, n. 3, 2019.

KAPLAN, L. A.; EVANS, L.; MONK, C. Effects of mothers' prenatal psychiatric status and postnatal caregiving on infant biobehavioral regulation: can prenatal programming be modified? **Early Human Development**, v. 84, n. 4, p. 249-256, 2008.

KEARNS, C. E.; GLANTZ, S. A.; SCHMIDT, L. A. Sugar industry influence on the scientific agenda of the National Institute of Dental Research's 1971 National Caries Program: a historical analysis of internal documents. **PLoS Medicine**, v. 12, n. 3, p. e1001798, 2015.

KEARNS, C. E.; SCHMIDT, L. A.; GLANTZ, S. A. Sugar industry and coronary heart disease research: a historical analysis of internal industry documents. **JAMA Internal Medicine**, v. 176, n. 11, p. 1680-1685, 2016.

KELLER, E. F. **O século do gene**. Belo Horizonte: Crisálida, 2002.

KELLER, E. F. **The mirage of a space between nature and nurture**. Durham: Duke University Press, 2010.

KENDRICK, M. **Why being 'overweight' means you live longer**: the way scientists twist the facts. 2015. Independent. Disponível em: <https://www.independent.co.uk/life-style/health-and-families/features/why-being-overweight-means-you-live-longer-the-way-scientists-twist-the-facts-10158229.html>. Acesso em 06 ago. 2020.

KENNEY, M.; MÜLLER, R. Of rats and women: narratives of motherhood in environmental epigenetics. **BioSocieties**, v. 12, n. 1, p. 23-46, 2016.

KLINE, K. N.; MATTSON, M. Breast self-examination pamphlets: a content analysis grounded in fear appeal research. **Health Communication**, v. 12, n. 1, p. 1-21, 2000.

KOLATA, G. Obesity declared a disease. **Science**, v. 227, p. 1019-1021, 1985.

KRUEGER, P. M.; REITHER, E. N. Mind the gap: race/ethnic and socioeconomic disparities in obesity. **Current Diabetes Reports**, v. 15, n. 11, p. 95, 2015.

KUHN, T. S. **The structure of scientific revolutions**. Chicago: University of Chicago press, 1962.

KUZAWA, C. W.; SWEET, E. Epigenetics and the embodiment of race: developmental origins of US racial disparities in cardiovascular health. **American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association**, v. 21, n. 1, p. 2-15, 2009.

LACEY, H.; MARICONDA, P. R. O modelo da interação entre as atividades científicas e os valores. **Scientiæ Studia**, v. 12, n. 4, p. 643-68, 2014.

LALAND, K. N. et al. Does evolutionary theory need a rethink? **Nature**, v. 514, n. 7521, p. 161-164, 2014.

LALAND, K. N. et al. The extended evolutionary synthesis: its structure, assumptions and predictions. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n. 1813, p. 20151019, 2015.

LALAND, K. N.; ODLING-SMEE, J.; MYLES, S. How culture shaped the human genome: bringing genetics and the human sciences together. **Nature Reviews Genetics**, v. 11, n. 2, p. 137-148, 2010.

LANDECKER, H.; PANOFSKY, A. From social structure to gene regulation, and back: a critical introduction to environmental epigenetics for sociology. **Annual Review of Sociology**, v. 39, p. 333-357, 2013.

LAPLACE, P. S. **Essai philosophique sur les probabilités**. Paris: Bachelier, 1814.

LAPPÉ, M. Epigenetics, media coverage, and parent responsibilities in the post-genomic era. **Current Genetic Medicine Reports**, v. 4, n. 3, p. 92-97, 2016.

LEDERBERG, J. The meaning of epigenetics. **The Scientist**, v. 15, n. 18, p. 6, 2001.

LEMKE, J. L. **Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores**. Barcelona: Paidós, 1997.

LEWIS, M. A. et al. Understanding health behavior change among couples: an interdependence and communal coping approach. **Social Science & Medicine**, v. 62, n. 6, p. 1369-1380, 2006.

LEWONTIN, R. C. **The triple helix: gene, organism, and environment**. Cambridge: Harvard University Press, 1998.

LEWONTIN, R. C. **Biologia como ideologia: a doutrina do DNA**. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2000.

LEWONTIN, R. C.; KAMIN, L. J.; ROSE, S. P. R. **Not in our genes: biology, ideology, and human nature**. New York: Pantheon Books, 1984.

LEYS, C. **Market-driven politics: neoliberal democracy and the public interest**. London: Verso. 2001.

LICATTI, F. **O ensino de evolução biológica no nível médio: investigando concepções de professores de Biologia**. 2005. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2005.

LOBSTEIN, T.; DIBB, S. Evidence of a possible link between obesogenic food advertising and child overweight. **Obesity Reviews**, v. 6, n. 3, p. 203-208, 2005.

LOCK, M. The epigenome and nature/nurture reunification: a challenge for anthropology. **Medical Anthropology**, v. 32, n. 4, p. 291-308, 2013.

LOEHLIN, J. C.; NICHOLS, R. C. **Heredity, environment, and personality: a study of 850 sets of twins**. Austin: University of Texas Press, 1976.

LOI, M.; DEL SAVIO, L.; STUPKA, E. Social epigenetics and equality of opportunity. **Public Health Ethics**, v. 6, n. 2, p. 142-153, 2013.

LONGO-SILVA, G.; TOLONI, M. H. A.; TADDEI, J. A. A. C. Traffic light labelling: traduzindo a rotulagem de alimentos. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1031-1040, 2010.

LORING, B.; ROBERTSON, A. Obesity and inequities: guidance for addressing inequities in overweight and obesity. **World Health Organization**, 2014.

LØVTRUP-REIN, H. Nuclear RNA and protein synthesis during early sea urchin development. **Experimental Cell Research**, v. 72, n. 1, p. 188-194, 1972.

LYKO, F. et al. The honey bee epigenomes: differential methylation of brain DNA in queens and workers. **PLoS Biology**, v. 8, n. 11, p. e1000506, 2010.

LYNCH, M. The frailty of adaptive hypotheses for the origins of organismal complexity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 1, p. 8597-8604, 2007.

MADERSPACHER, F. Lysenko rising. **Current Biology**, v. 20, n. 19, p. R835-R837, 2010.

MAIENSCHEIN, J. **Epigenesis and preformationism**. 2017. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. Disponível em: <https://stanford.library.sydney.edu.au/archives/spr2013/entries/epigenesis/>. Acesso em: 06 ago. 2020.

MAMELI, M. The inheritance of features. **Biology and Philosophy**, v. 20, n. 2-3, p. 365-399, 2005.

MANCUSO, W. P.; GOZETTO, A. C. O. Lobby: instrumento democrático de representação de interesses? **Organicom**, v. 8, n. 14, p. 118-128, 2011.

MANSFIELD, B. Race and the new epigenetic biopolitics of environmental health. **BioSocieties**, v. 7, n. 4, p. 352-372, 2012.

MARCUSCHI, L. A. **Análise da conversação**. São Paulo: Editora Ática, 2000.

MARGARIDO, L. A.; BESKOW, P. R. Plantas transgênicas: mais uma fonte de externalidade causada pela agricultura. **Informações Econômicas**, v.31, n.12, p. 7-12, 2001.

MARQUES, A. R.; REIS, P. Geoengenharia do clima: uma controvérsia sociocientífica sobre a responsabilidade na manipulação do clima. In: CONRADO, D. M.; NUNES-NETO, N. (Org.) **Questões Sociocientíficas: fundamentos, propostas de ensino e perspectivas para ações sociopolíticas**. Salvador: EDUFBA, 2018. p. 345-362.

MARTÍNEZ, L. F. P. **A abordagem de questões sociocientíficas na formação continuada de professores de ciências: contribuições e dificuldades**. 2010. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

MARTÍNEZ, L. F. P. **Questões sociocientíficas na prática docente: ideologia, autonomia e formação de professores**. São Paulo: Editora UNESP, 2012.

MARTÍNEZ, L. F. P.; CARVALHO, W. L. P. de. A autonomia dos professores de ciências em serviço e a abordagem de questões sociocientíficas. In: CARVALHO, L. O.; CARVALHO, W.

L. P. (Org.). **Formação de professores e questões sociocientíficas no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras, 2012. p. 297-323.

MARTÍNEZ, L. F. P. et al. A abordagem de questões sociocientíficas no Ensino de Ciências: contribuições à pesquisa da área. *In: Anais do VIII Encontro Nacional de Prática de Ensino de Ciências* (VIII ENPEC), Campinas, UNICAMP, 2011.

MARTINS, A. P. B. É preciso tratar a obesidade como um problema de saúde pública. **Revista de Administração de Empresas**, v. 58, n. 3, p. 337-341, 2018.

MARTINS, H. H. T. Metodologia qualitativa de pesquisa. **Educação e pesquisa**, v. 30, n. 2, p. 289-300, 2004.

MARTINS, L. A. C. P.; SILVA, P. J. C.; MUTARELLI, S. R. K. A teoria dos temperamentos: do Corpus Hippocraticum ao século XIX. **Memorandum: Memória e História em Psicologia**, v. 14, p. 9-24, 2008.

MAYR, E. **Systematics and the origin of species**. New York: Columbia University Press, 1942.

MAYR, E. Cause and effect in biology. **Science**, v. 134, n. 3489, p. 1501-1506, 1961.

MAYR, E. **The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance**. Cambridge: Harvard University Press, 1982.

MCGARITY, T. O.; WAGNER, W. E. **Bending science: how special interests corrupt public health research**. Cambridge: Harvard University Press, 2008.

MCGOWAN, P. O. et al. Epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor in human brain associates with childhood abuse. **Nature Neuroscience**, v. 12, n. 3, p. 342-348, 2009.

MCINTYRE, D. Bridging the gap between research and practice. **Cambridge Journal of Education**, v. 35, n. 3, p. 357-382, 2005.

MCKENNEY, S. **Computer-based support for science education materials developers in Africa: exploring potentials**. 2001. Doctoral dissertation - University of Twente, Enschede, 2001.

MCLAREN, L. Socioeconomic status and obesity. **Epidemiologic Reviews**, v. 29, n. 1, p. 29-48, 2007.

MEANEY, M. J. Nature, nurture, and the disunity of knowledge. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 935, n. 1, p. 50-61, 2001a.

MEANEY, M. J. Maternal care, gene expression, and the transmission of individual differences in stress reactivity across generations. **Annual review of neuroscience**, v. 24, n. 1, p. 1161-1192, 2001b.

MEANEY, M. J. Epigenetics and the biological definition of gene \times environment interactions. **Child Development**, v. 81, n. 1, p. 41-79, 2010.

MELO, I. F. Análise do discurso e análise crítica do discurso: desdobramentos e intersecções. **Letra Magna - Revista Eletrônica de Divulgação Científica em Língua Portuguesa, Linguística e Literatura**, v.5, n.11, p.1-18, 2009.

MELO, I. F. Análise Crítica do Discurso: modelo de análise linguística e intervenção social. **Estudos Linguísticos**, v. 40, n. 3, p. 1335-1346, 2011.

MELONI, M. How biology became social, and what it means for social theory. **The Sociological Review**, v. 62, n. 3, p. 593-614, 2014.

MELONI, M. Epigenetics for the social sciences: justice, embodiment, and inheritance in the postgenomic age. **New Genetics and Society**, v. 34, n. 2, p. 125-151, 2015.

MELONI, M. **If we're not careful, epigenetics may bring back eugenic thinking**. The Conversation. 15 Março 2016a. Disponível em: <https://theconversation.com/if-were-not-careful-epigenetics-may-bring-back-eugenic-thinking-56169>. Acesso em 06 ago. 2020.

MELONI, M. **Political biology**: science and social values in human heredity from eugenics to epigenetics. New York: Springer, 2016b.

MELONI, M. Race in an epigenetic time: thinking biology in the plural. **The British Journal of Sociology**, v. 68, n. 3, p. 389-409, 2017.

MELONI, M. Political biology: In search of a new epistemic space between STS and biopolitical theory - a response. **History of the Human Sciences**, v. 31, n. 1, p. 136-142, 2018.

MELONI, M.; TESTA, G. Scrutinizing the epigenetics revolution. **BioSocieties**, v. 9, n. 4, p. 431-456, 2014.

MILITELLO, K. T. Studying epigenetic DNA modifications in undergraduate laboratories using complementary bioinformatic and molecular approaches. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, v. 41, n. 5, p. 334-340, 2013.

MILLER, D.; HARKINS, C. Corporate strategy, corporate capture: food and alcohol industry lobbying and public health. **Critical Social Policy**, v. 30, n. 4, p. 564-589, 2010.

MILLER, W. C.; KOCEJA, D. M.; HAMILTON, E. J. A meta-analysis of the past 25 years of weight loss research using diet, exercise or diet plus exercise intervention. **International Journal of Obesity**, v. 21, n. 10, p. 941-947, 1997.

MONTEIRO, R. L. **Crédito rural como incentivo para o desenvolvimento da agricultura familiar**: o caso no município de Maragogipe-BA. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Faculdade Maria Milza, Governador Mangabeira, 2019.

MOORE, D. S. **The dependent gene: the fallacy of “nature vs. nurture”**. New York: Henry Holt & Company, 2003.

MOORE, D. S. Current thinking about nature and nurture. *In*: KOMPOURAKIS, K. **The Philosophy of Biology**. Dordrecht: Springer, 2013, p. 629-652.

MOORE, D. S. **The developing genome: an introduction to behavioral epigenetics**. Oxford: Oxford University Press, 2015.

MORANGE, M. **A history of molecular biology**. Cambridge: Harvard University Press, 2000.

MOREIRA, L. C. **A construção e validação de uma intervenção educacional para o Ensino Médio apoiada na metodologia da problematização**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

MORGAN, H. D. et al. Epigenetic inheritance at the agouti locus in the mouse. **Nature Genetics**, v. 23, n. 3, p. 314-318, 1999.

MORTIMER, E. F. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. 1994. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1994.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change? **Science & Education**, v. 4, p. 267-285.1995.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F.; EL-HANI, C. N. **Conceptual profiles: a theory of teaching and learning scientific concepts**. Berlin: Springer Science & Business Media, 2014.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P.; EL-HANI, C. N. Bases teóricas e epistemológicas da abordagem dos perfis conceituais. *In*: **Anais do VII Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências (VII ENPEC)**, Florianópolis, UFSC, 2009.

MOSS, L. **What genes can't do**. Cambridge: MIT Press, 2003

MOSS, L. The meanings of the gene and the future of the phenotype. **Genomics, Society and Policy**, v. 4, n. 1, p. 38, 2008.

MOSSIO, M.; MORENO, A. Organisational closure in biological organisms. **History and Philosophy of the Life Sciences**, v. 32, n. 3/3, p. 269-288, 2010.

MÜLLER, R. et al. The biosocial genome? Interdisciplinary perspectives on environmental epigenetics, health and society. **EMBO Reports**, v. 18, n. 10, p. 1677-1682, 2017.

NANNEY, D. L. Epigenetic control systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 44, n. 7, p. 712-717, 1958.

NAUMOVA, O. Yu et al. Age-related changes of gene expression in the neocortex: preliminary data on RNA-Seq of the transcriptome in three functionally distinct cortical areas. **Development and Psychopathology**, v. 24, n. 4, p. 1427-1442, 2012.

NCD RISK FACTOR COLLABORATION et al. Trends in adult body-mass index in 200 countries from 1975 to 2014: a pooled analysis of 1698 population-based measurement studies with 19,2 million participants. **The Lancet**, v. 387, n. 10026, p. 1377-1396, 2016.

NEEL, J. V. Diabetes mellitus: a “thrifty” genotype rendered detrimental by “progress”? **American Journal of Human Genetics**, v. 14, n. 4, p. 353-362, 1962.

NELKIN, D.; LINDEE, M. S. **The DNA mystique**: the gene as a cultural icon. Ann Arbor: University of Michigan Press, 2010.

NESTLE, M. Food lobbies, the food pyramid, and US nutrition policy. **International Journal of Health Services**, v. 23, n. 3, p. 483-496, 1993.

NESTLE, M. **Food politics**: how the food industry influences nutrition and health. California: University of California Press, 2013.

NESTLE, M.; NESHEIM, M. **Why calories count**: from science to politics. California: University of California Press, 2013.

NEWSON, A. J. et al. Known unknowns: building an ethics of uncertainty into genomic medicine. **BMC Medical Genomics**, v. 9, n. 57, p. 1-8, 2016.

NICULESCU, M. Epigenetic transgenerational inheritance: should obesity-prevention policies be reconsidered? **Synesis: A Journal of Science, Technology, Ethics, and Policy**, v. 2, n. 1, p. G18-G26, 2011.

NIEVEEN, N.; MCKENNEY, S.; VAN DEN AKKER, J. Educational design research: the value of variety. *In*: VAN DEN AKKER, J. et al. (Ed.). **Educational design research**. London: Routledge, 2006. p.151-158.

NIEWÖHNER, J. Epigenetics: embedded bodies and the molecularisation of biography and milieu. **BioSocieties**, v. 6, n. 3, p. 279–298, 2011.

O’NEILL, B. **The junk food smugglers**. BBC News. 17 mai. 2006. Disponível em: http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/magazine/4987966.stm. Acesso em: 06 out. 2020.

ODLING-SMEE, F. J.; LALAND, K. N.; FELDMAN, M. W. **Niche construction**: The neglected process in evolution. Princeton: Princeton University Press, 2003.

OHLINGER, C. A. **Epigenetics and obesity**: A multi-disciplinary approach to research and treatment. 2012. Academic theses, Wellesley College, Massachusetts, 2012.

OLIVEIRA, T. B. et al. Eco-Evo-Devo: uma (re) leitura sobre o papel do ambiente no contexto das Ciências Biológicas. **Filosofia e História da Biologia**, v. 11, n. 2, p. 323-346, 2016.

OLLAIK, L. G.; ZILLER, H. M. Concepções de validade em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 38, n. 1, p. 229-242, 2012.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Obesity**, 2017a. Disponível em: <http://www.who.int/topics/obesity/en/>. Acesso em 06 out. 2020.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Taxes on sugary drinks: why do it?** 2017b. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/10665/260253/1/WHO-NMH-PND-16.5Rev.1-eng.pdf>> Acesso em: 06 out. 2020.

OMS, Organização Mundial de Saúde. **Obesity and overweight**. 16 fev. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>. Acesso em: 06 out. 2020.

OYAMA, S. **The ontogeny of information: developmental system and evolution**. Durham: Duke University Press, 1985.

OYAMA, S.; GRIFFITHS, P. E.; GRAY, R. D. **Cycles of contingencies: developmental systems and evolution**. Cambridge: MIT Press, 2001.

PAINTER, R. C. et al. Transgenerational effects of prenatal exposure to the Dutch famine on neonatal adiposity and health in later life. **BJOG: an International Journal of Obstetrics & Gynaecology**, v. 115, n. 10, p. 1243-1249, 2008.

PAIVA, A. S. **Princípios de design para o ensino de biologia celular: pensamento crítico e ação sociopolítica inspirados no caso de Henrietta Lacks**. 2019. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2019.

PAIVA, A. S. et al. Validação de uma sequência didática sobre mitose e câncer articulada com discussões éticas e ações sociopolíticas. *In.*: **Anais do VIII Encontro Regional de Ensino de Biologia (VIII EREBIO RJ/ES)**, Rio de Janeiro, UNIRIO/UFRJ/IBC, 2017.

PARADIES, Y.; MONTOYA, M. J.; FULLERTON, S. M. Racialized genetics and the study of complex diseases: the thrifty genotype revisited. **Perspectives in Biology and Medicine**, v. 50, n. 2, p. 203-227, 2007.

PARLEE, S. D.; MACDOUGALD, O. A. Maternal nutrition and risk of obesity in offspring: the Trojan horse of developmental plasticity. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1842, n. 3, p. 495-506, 2014.

PARROTT, R. L. et al. Development and validation of tools to assess genetic discrimination and genetically based racism. **Journal of the National Medical Association**, v. 97, n. 7, p. 980-990, 2005.

PASSOS, L. F. A relação professor-pesquisador: conquistas, repercussões e embates da pesquisa colaborativa. **Horizontes**, v. 25, n. 1, p. 55-62, 2007.

PEARSON, H. Disputed definitions: Epigenetic. **Nature**, v. 455, n. 7216, p. 1024, 2008.

PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education: preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. *In*: ZEIDLER, D. (Org.). **The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003, p. 219-39.

PENCHASZADEH, V. B. Problemas éticos do determinismo genético. **Revista Bioética**, v.12, n.1, p.61-68, 2004.

PERBAL, L. The case of the gene: postgenomics between modernity and postmodernity. **EMBO Reports**, v. 16, n. 7, p. 777-781, 2015.

PEREIRA, P. **Política social**: temas e questões. 2^a ed. São Paulo: Cortez, 2009.

PETRUK, S. et al. Stepwise histone modifications are mediated by multiple enzymes that rapidly associate with nascent DNA during replication. **Nature Communications**, v. 4, n. 1, p. 1-9, 2013.

PIGLIUCCI, M. et al. **Phenotypic plasticity**: beyond nature and nurture. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.

PIGLIUCCI, M.; MÜLLER, G. B. **Evolution**: the extended synthesis. Cambridge, MIT Press, 2010.

PINKER, S. **The blank slate**: the denial of human nature in modern intellectual life. New York: Viking, 2002.

PLOMP, T. Educational design research: an introduction. *In*: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. (Org.). **An introduction to educational design research**. Enschede: SLO - Netherlands Institute for Curriculum Development, 2009. p. 9-35.

PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **An introduction to educational design research**. Enschede: SLO – Netherlands Institute for Curriculum Development, 2009.

POMERANZ, J. L.; PUHL, R. M. New developments in the law for obesity discrimination protection. **Obesity**, v. 21, n. 3, p. 469-471, 2013.

PONTAROTTI, G. Extended inheritance as reconstruction of extended organization: the paradigmatic case of symbiosis. **Lato Sensu, revue de la Société de philosophie des sciences**, v. 3, n. 1, p. 93-102, 2016.

PONTAROTTI, G.; ETXEBERRIA, A. Russell Bonduriansky & Troy Day, Extended heredity: a new understanding of inheritance and evolution, Princeton University Press, 2018, 288 pp, ISBN 9780691157672. 2019. **History and Philosophy of the Life Sciences**, v. 41, n. 33, p. 1-4, 2019.

POSNER, G. J. et al. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

POWELL, L. M.; CHALOUPKA, F. J. Food prices and obesity: evidence and policy implications for taxes and subsidies. **The Milbank Quarterly**, v. 87, n. 1, p. 229-257, 2009.

PRASAD, N. G. et al. Rethinking inheritance, yet again: inheritomes, contextomes and dynamic phenotypes. **Journal of Genetics**, v. 94, n. 3, p. 367-376, 2015.

PROCHAZKA, L. S.; FRANZOLIN, F. A genética humana nos livros didáticos brasileiros e o determinismo genético. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 24, n. 1, p. 111-124, 2018.

PTASHNE, M. On the use of the word ‘epigenetic’. **Current Biology**, v. 17, n. 7, p. R233-R236, 2007.

PUHL, R. M.; BROWNELL, K. D. Psychosocial origins of obesity stigma: toward changing a powerful and pervasive bias. **Obesity Reviews**, v. 4, n. 4, p. 213-227, 2003.

RAMALHO, B. L.; NUÑEZ, I. B.; GAUTHIER, C. **Formar o professor, profissionalizar o ensino: perspectivas e desafios**. Porto Alegre: Sulinas, 2004.

RATCLIFFE, M.; GRACE, M. **Science Education for Citizenship: Teaching Socioscientific Issues**. Philadelphia: Open University Press, 2003.

REDFIELD, R. J. “Why do we have to learn this stuff?”—a new genetics for 21st century students. **PLoS Biology**, v. 10, n. 7, 2012.

REIS, P. Da discussão à ação sociopolítica sobre controvérsias sócio-científicas: uma questão de cidadania. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**. v. 3, n. 1, p. 1-10, 2013.

REIS, V. P. G. S. **Um perfil conceitual de herança biológica: investigando dimensões epistemológicas e axiológicas de significação do conceito no contexto do ensino médio de genética**. 2018. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2018.

REVERSI, L. F. **Síntese Estendida: uma investigação histórico-filosófica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Universidade Estadual Paulista, Bauru. 2015.

REYDON, T. A. C.; KAMPOURAKIS, K.; PATRINOS, G. P. Genetics, genomics and society: the responsibilities of scientists for science communication and education. **Personalized Medicine**, v. 9, n. 6, p. 633-643, 2012.

REYNOLDS, R. M.; JACOBSEN, G. H.; DRAKE, A. J. What is the evidence in humans that DNA methylation changes link events in utero and later life disease? **Clinical Endocrinology**, v. 78, n. 6, p. 814-822, 2013.

REZENDE, L. K. **Neurociências e saúde pública**: efeito do semáforo nutricional sobre a escolha e o processamento cerebral de alimentos industrializados. 2017. Tese (Doutorado em Neurociências) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

RICHARDSON, S. S. et al. Society: don't blame the mothers. **Nature News**, v. 512, n. 7513, p. 131-132, 2014.

RICHERSON, P. J.; BOYD, R.; HENRICH, J. Gene-culture coevolution in the age of genomics. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. Supplement 2, p. 8985-8992, 2010.

RIDLEY, M. **Nature via nurture**: genes, experience, and what makes us human. New York: HarperCollins, 2003.

RIGGS, A. D. X inactivation, differentiation, and DNA methylation. **Cytogenetic and Genome Research**, v. 14, n. 1, p. 9-25, 1975.

RIGO, L. C.; SANTOLIN, C. B. Combate à obesidade: uma análise da legislação brasileira. **Movimento**, v. 18, n. 2, p. 279-296, 2012.

ROBERT, J. S. The epigenesis of obesity. **Human Development**, v. 60, n. 2-3, p. 95-106, 2017.

ROBERTSON, K. D.; WOLFFE, A. P. DNA methylation in health and disease. **Nature Reviews Genetics**, v. 1, n. 1, p. 11-19, 2000.

ROBIN, M. **The world according to Monsanto**: pollution, corruption, and the control of our food supply. Nova York: The New Press, 2014.

ROEMER, I. et al. Epigenetic inheritance in the mouse. **Current Biology**, v. 7, n. 4, p. 277-280, 1997.

ROMA, V. N. **Os livros didáticos de Biologia aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM 2007/2009)**: a evolução biológica em questão. 2011. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ROSE, S. The rise of neurogenetic determinism. **Nature**, v. 373, n. 6513, p. 380-382, 1995.

ROSEBOOM, T. J. et al. Effects of prenatal exposure to the Dutch famine on adult disease in later life: an overview. **Twin Research**, v. 4, n. 5, p. 293-298, 2001.

ROSEBOOM, T. J.; ROOIJ, S.; PAINTER, R. The Dutch famine and its long-term consequences for adult health. **Early Human Development**, v. 82, p. 485-491, 2006.

ROSENBERG, C. E. **Explaining epidemics and other studies in the history of medicine**. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

ROSENGREN, A.; LISSNER, L. The sociology of obesity. *In*: KORBONITS, M. (Org.) **Obesity and metabolism**. Basel: Karger Publishers, 2008. p. 260-270.

ROSS, R. et al. Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men: a randomized, controlled trial. **Annals of Internal Medicine**, v. 133, n. 2, p. 92-103, 2000.

ROTHSTEIN, M. A.; CAI, Y.; MARCHANT, G. E. The ghost in our genes: legal and ethical implications of epigenetics. **Health Matrix**, v. 19, n. 1, p. 1-62, 2009.

ROZEK, L. S. et al. Epigenetics: relevance and implications for public health. **Annual Review of Public Health**, v. 35, p. 105-122, 2014.

RUSSELL, B. **História da filosofia ocidental**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2016.

RUSSO, V. E. A.; MARTIENSSEN, R. A.; RIGGS, A. D. **Epigenetic mechanisms of gene regulation**. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1996.

RUTHERFORD, S. L.; LINDQUIST, S. Hsp90 as a capacitor for morphological evolution. **Nature**, v. 396, n. 6709, p. 336-342, 1998.

SAGUY, A. Why fat is a feminist issue. **Sex Roles**, v. 66, n. 9-10, p. 600-607, 2012.

SAGUY, A. C.; RILEY, K. W. Weighing both sides: morality, mortality, and framing contests over obesity. **Journal of Health Politics, Policy and Law**, v. 30, n. 5, p. 869-923, 2005.

SANTOS, A. D. G.; SILVA, D. V.; MACIEL, K. N. A campanha publicitária “Agro é tech, agro é pop, agro é tudo”, da Rede Globo de Televisão, como difusora da propaganda sobre o agronegócio no Brasil. **Revista Eptic**, v. 21, n. 1, p. 46-61, 2019.

SANTOS, A. M. **Sociedade do consumo: criança e propaganda, uma relação que dá peso**. 2007. Tese (Doutorado em Serviço Social) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. Metodologias de pesquisa no ensino de ciências na América Latina: como pesquisamos na década de 2000. **Ciência e Educação**, v. 19, n. 1, p. 15-33, 2013

SANTOS, S. L.; BATALHA, M. O. Propaganda de alimentos na televisão: uma ameaça à saúde do consumidor? **Revista de Administração**, v. 45, n. 4, p. 373-382, 2010.

SANTOS, V. C.; JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N. Hybrid deterministic views about genes in biology textbooks: a key problem in genetics teaching. **Science & Education**, v. 21, n. 4, p. 543-578, 2012.

SANTOS, W. B.; EL-HANI, C. N. A abordagem do pluralismo de processos e da evo-devo em livros didáticos de biologia evolutiva e zoologia de vertebrados. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 15, n. 3, p. 199-216, 2013.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência–Tecnologia–Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v.2, n. 2, p. 1-23, 2002.

SARAIVA, R. Ética e Justiça Alimentar na Cidade: Os Desertos Alimentares. *In*: OLIVEIRA, R.; AMÂNCIO, S.; FADIGAS, L. (Org.) **Alfaces na avenida**: estratégias para (bem) alimentar a cidade. Lisboa: Universidade de Lisboa, Colégio Food, Farming and Forestry, 2017. p. 81-85.

SARKAR, S. **Genetics and reductionism**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.

SARMENTO, A. C. H. et al. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência e Educação** (Bauru), v. 19, n. 13, p.573-598, 2013.

SARMENTO, A. C. H. **Como ensinar citologia e promover uma visão informada da ciência no nível médio de escolaridade**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016.

SASAKI, H.; MATSUI, Y. Epigenetic events in mammalian germ-cell development: reprogramming and beyond. **Nature Reviews Genetics**, v. 9, n. 2, p. 129-140, 2008.

SAVIANI, D. Formação de professores: aspectos históricos e teóricos do problema no contexto brasileiro. **Revista Brasileira de Educação**, v. 14, n. 40, p. 143-155, 2009.

SAWYER, R. K. Emergence in sociology: contemporary philosophy of mind and some implications for sociological theory. **American Journal of Sociology**, v. 107, n. 3, p. 551-585, 2001.

SCHMITZ, A. P.; KAMMER, E. M. Sistemas de produção e custos na produção de soja orgânica, convencional e transgênica. *In*.: **Anais do XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural**, Fortaleza, UFC, 2006.

SCHNEIDER, E. M. et al. Conceitos de gene: construção histórico-epistemológica e percepções de professores do ensino superior. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 201-222, 2011.

SCHUCKIT, M. A. et al. A genome-wide search for genes that relate to a low level of response to alcohol. **Alcoholism: Clinical and Experimental Research**, v. 25, n. 3, p. 323-329, 2001.

SCHUOL, S. Epigenetics and genetic determinism (in popular science). *In*: HEIL, R. et al. **Epigenetics: ethical, legal and social aspects**. Wiesbaden: Springer VS, 2017. p. 41-54.

SEALY, Y. M. Parents' food choices: obesity among minority parents and children. **Journal of Community Health Nursing**, v. 27, n. 1, p. 1-11, 2010.

SEPULVEDA, C. A. S. **Perfil conceitual de adaptação**: uma ferramenta para a análise de discurso de salas de aula de biologia em contextos de ensino de evolução. 2010. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2010.

SEPULVEDA, C. et al. A prática social de pesquisa colaborativa e a controvérsia sobre estatuto epistemológico da pesquisa docente. *In*: SEPULVEDA, C; ALMEIDA, M. **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais no ensino de biologia**. Feira de Santana: Editora UEFS, 2016, p. 49-95.

SERVAT, A. **Do saber sábio ao saber ensinado**: indicativos sobre a transposição didática do conceito de evolução biológica. 2014. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Estado e Educação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

SEVEROVÁ, L. et al. Oligopoly competition on market with food products. **Agricultural Economics**, v. 57, n. 12, p. 580-588, 2011.

SHOSTAK, S. et al. The politics of the gene: social status and beliefs about genetics for individual outcomes. **Social Psychology Quarterly**, v. 72, n. 1, p. 77-93, 2009.

SILVA, K. M. A.; MACIEL, J. C. S. Aspectos sociocientíficos no ensino de Biologia: uma sequência didática sobre alimentos transgênicos, convencionais e orgânicos. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 11, n. 1, p. 5-24, 2018.

SILVA-PORTO, F. C. O tema comportamento no ensino de Biologia. 2008. Tese (Doutorado em Ensino em Biociências e Saúde) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008.

SILVEIRA, P. P. et al. Origens desenvolvimentistas da saúde e da doença (DOHaD). **Jornal de Pediatria**, v. 83, n. 6, p. 494-504, 2007.

SIMONS, H. et al. From evidence-based practice to practice-based evidence: the idea of situated generalization. **Research Papers in Education**, v. 18, n. 4, p. 347-364, 2003.

SKINNER, M. K. Environmental epigenetic transgenerational inheritance and somatic epigenetic mitotic stability. **Epigenetics**, v. 6, n. 7, p. 838-842, 2011.

SKINNER, M. K. et al. Ancestral dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) exposure promotes epigenetic transgenerational inheritance of obesity. **BMC Medicine**, v. 11, n. 228, p. 1-16, 2013.

SMITH, B. L. Propaganda. **Encyclopædia Britannica**, 20 mar. 2020. Disponível em: <https://www.britannica.com/topic/propaganda>. Acesso em: 06 out. 2020.

SMITH, T. A.; LIN, B. H.; LEE, J. Y. Taxing caloric sweetened beverages: potential effects on beverage consumption, calorie intake, and obesity. **US Department of Agriculture, Economic Research Service**, 1 jul. 2010. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=2118636>. Acesso em: 06 out. 2020.

SOBER, E.; WILSON, D. S. **Unto others**: the evolution and psychology of unselfish behavior. Cambridge: Harvard University Press, 1998.

SODRÉ, G. A. et al. Construção de conceitos biológicos de espécie e plasticidade fenotípica com base em uma aula teórico-prática com duas espécies de boldo. **Revista Ciências & Ideias**, v. 10, n. 1, p. 118-136, 2019.

SONNEBORN, T. M. Determination, development, and inheritance of the structure of the cell cortex. *In*. PADYKULA, H. A. (Org.) **Control mechanisms in the expression of cellular phenotypes**, New York: Academic Press, 1970. p. 1-13.

SOUBRY, A. et al. A paternal environmental legacy: evidence for epigenetic inheritance through the male germ line. **Bioessays**, v. 36, n. 4, p. 359-371, 2014.

SOUSA, A. E. A.; MUNIZ, C. R.; SARMENTO, A. C. H. O processo heurístico da construção do conceito de inovações educacionais por um grupo colaborativo de pesquisa. *In*: SEPULVEDA, C.; ALMEIDA, M. C. (Org.) **Pesquisa colaborativa e inovações educacionais em ensino de biologia**. Feira de Santana: UEFS Editora, 2016. p. 97-126.

SPEAKMAN, J. R. Thrifty genes for obesity, an attractive but flawed idea, and an alternative perspective: the ‘drifty gene’ hypothesis. **International Journal of Obesity**, v. 32, n. 11, p. 1611-1617, 2008.

SPENCER, H. **The principles of biology**, volume 1. London: Williams and Norgate, 1864.

SPEYBROECK, L. From epigenesis to epigenetics: the case of C. H. Waddington. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 981, n. 1, p. 61-81, 2002.

SQUALLI, J. The environmental impact of obesity: longitudinal evidence from the United States. **Public Health**, v. 149, p. 89-98, 2017.

STANHOPE, K. L. et al. Pathways and mechanisms linking dietary components to cardiometabolic disease: thinking beyond calories. **Obesity Reviews**, v. 19, n. 9, p. 1205-1235, 2018.

STARK, L. A. Epigenetics online: multimedia teaching resources. **CBE—Life Sciences Education**, v. 9, n. 1, p. 6-9, 2010.

STEELE, E. J. **Somatic selection and adaptive evolution**: on the inheritance of acquired characters. Chicago: The University of Chicago Press, 1981.

STERELNY, K.; KITCHER, P. The return of the gene. **The Journal of Philosophy**, v. 85, n. 7, p. 339-361, 1988.

STOTZ, K. C.; BOSTANCI, A.; GRIFFITHS, P. E. Tracking the shift to ‘postgenomics’. **Public Health Genomics**, v. 9, n. 3, p. 190-196, 2006.

STOTZ, K. Extended evolutionary psychology: the importance of transgenerational developmental plasticity. **Frontiers in psychology**, v. 5, n. 908, p. 1-14, 2014.

TALATI, Z. et al. Do health claims and front-of-pack labels lead to a positivity bias in unhealthy foods? **Nutrients**, v. 8, n. 12, p. 787, 2016.

TAMMEN, S. A.; FRISO, S; CHOI, S. Epigenetics: the link between nature and nurture. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 34, n. 4, p. 753-764, 2013.

TAYLOR, K. These 10 companies control everything you buy. **Independent**, 4 abr. 2017. Disponível em: <https://www.independent.co.uk/life-style/companies-control-everything-you-buy-kelloggs-nestle-unilever-a7666731.html> Acesso em: 06 out. 2020.

TEMPLE, N. J.; FRASER, J. Food labels: a critical assessment. **Nutrition**, v. 30, n. 3, p. 257-260, 2014.

THOMÉ, R.; STECANELA, N.; KRAHE, I. B. A prática pedagógica do espelho. *In: Anais do VII Seminário Escola e Pesquisa: um encontro possível*, Caxias do Sul, UCS, 2007.

TRESS, G; TRESS, B; FRY, G. Clarifying integrative research concepts in landscape ecology, **Landscape Ecology**, v. 20, n. 4, p. 479–493, 2004.

TYGART, C. E. Genetic causation attribution and public support of gay rights. **International Journal of Public Opinion Research**, v. 12, n. 3, p. 259-275, 2000.

VALDERRAMA-PÉREZ, D. F. **Diálogo entre conhecimentos científicos escolares e tradicionais em aulas de ciências naturais**: intervenção e pesquisa na comunidade de Taganga (Magdalena - Colômbia). 2016. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia / Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2016

VALENÇA, C. R. **Teoria da evolução**: representações de professores-pesquisadores de biologia e suas relações com o ensino médio. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Saúde) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

VAN DEN AKKER, J. Principles and methods of development research. *In: VAN DEN AKKER et al. (Org.) Design approaches and tools in education and training*. Boston: Kluwer Academic, 1999. p. 1-14.

VAN DEN AKKER, J. et al. **Educational design research**. Abingdon: Routledge, 2006.

VAN DIJK, S. J. et al. Epigenetics and human obesity. **International Journal of Obesity**, v. 39, n. 1, p. 85-97, 2015.

VANHALA, M. et al. Relation between obesity from childhood to adulthood and the metabolic syndrome: population based study. **BMJ**, v. 317, n. 7154, p. 319-320, 1998.

VEENENDAAL, M. V. E. et al. Transgenerational effects of prenatal exposure to the 1944–45 Dutch famine. **BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology**, v. 120, n. 5, p. 548-554, 2013.

VINER, R. M.; COLE, T. J. Television viewing in early childhood predicts adult body mass index. **The Journal of Pediatrics**, v. 147, n. 4, p. 429-435, 2005.

WACHBROIT, R. Genetic determinism, genetic reductionism, and genetic essentialism. *In*: MURRAY, T. H.; MEHLMAN, M. J. **Encyclopedia of ethical, legal and policy issues in biotechnology**, 2002, p. 352-356.

WADDINGTON, C. H. The epigenotype. **Endeavour**, v. 1, p. 18-20, 1942a.

WADDINGTON, C. H. Canalization of development and the inheritance of acquired characters. **Nature**, v. 150, n. 3811, p. 563-565, 1942b.

WADDINGTON, C. H. Genetic assimilation of an acquired character. **Evolution**, v. 7, n. 2, p. 118-126, 1953.

WADDINGTON, C. H. Embryology, Epigenetics and Biogenetics. **Nature**, v. 177, n. 4522, p. 1241-1241, 1956.

WADDINGTON, C. H. **The strategy of the genes**. Abingdon: Routledge, 1957.

WAGGONER, M. R.; ULLER, T. Epigenetic determinism in science and society. **New Genetics and Society**, v. 34, n. 2, p. 177-195, 2015.

WALLACK, L.; THORNBURG, K. Developmental origins, epigenetics, and equity: moving upstream. **Maternal and Child Health Journal**, v. 20, n. 5, p. 935-940, 2016.

WATERLAND, R. A. Epigenetic epidemiology of obesity: application of epigenomic technology. **Nutrition Reviews**, v. 66, n. suppl. 1, p. S21-S23, 2008.

WATERLAND, R. A. et al. Methyl donor supplementation prevents transgenerational amplification of obesity. **International Journal of Obesity**, v. 32, n. 9, p. 1373-1379, 2008.

WATSON, J. D.; CRICK, F. Molecular structure of nucleic acids. **Nature**, v. 171, n. 4356, p. 737-738, 1953.

WEAVER, I. C. G. et al. Epigenetic programming by maternal behavior. **Nature Neuroscience**, v. 7, n. 8, p. 847-854, 2004.

WEI, Y.; SCHATTEN, H.; SUN, Q. Y. Environmental epigenetic inheritance through gametes and implications for human reproduction. **Human Reproduction Update**, v. 21, n. 2, p. 194-208, 2015.

WEIDER, L. J.; PIJANOWSKA, J. Plasticity of *Daphnia* life histories in response to chemical cues from predators. **Oikos**, v. 67, n. 3, p. 385-392, 1993.

WEISMANN, A. **The germ-plasm: A theory of heredity**. New York: Charles Scribner's Sons, 1893.

WELLS, J. C. K. Obesity as malnutrition: the role of capitalism in the obesity global epidemic. **American Journal of Human Biology**, v. 24, n. 3, p. 261-276, 2012.

WHO Expert Consultation. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. **The Lancet**, v. 363, n. 10, p. 157-163, 2004.

WILD, C. P. The exposome: from concept to utility. **International Journal of Epidemiology**, v. 41, n. 1, p. 24-32, 2012.

WILKINS, A. S. Waddington's unfinished critique of neo-Darwinian genetics: then and now. **Biological Theory**, v. 3, n. 3, p. 224-232, 2008.

WILLIAMS, G. C. **Adaptation and natural selection**: a critique of some current evolutionary thought. Princeton: Princeton University Press, 1966.

WILLIAMS, R. M. Image, text, and story: Comics and graphic novels in the classroom. **Art Education**, v. 61, n. 6, p. 13-19, 2008.

WILSON, E. O. **On human nature**. Cambridge: Harvard University Press, 1979.

WILSON, R. C.; DOUDNA, J. A. Molecular mechanisms of RNA interference. **Annual Review of Biophysics**, v. 42, p. 217-239, 2013.

WONG, A. H., GOTTESMAN, I.; PETRONIS, A. Phenotypic differences in genetically identical organisms: the epigenetic perspective. **Human Molecular Genetics**, v. 14, Review Issue 1, R11-R18, 2005.

WRIGHT, S. Genes as physiological agentes: general considerations. **American Naturalist**, v. 79, n. 783, p. 289-303, 1945.

YEHUDA, R. et al. Influences of maternal and paternal PTSD on epigenetic regulation of the glucocorticoid receptor gene in Holocaust survivor offspring. **American Journal of Psychiatry**, v. 171, n. 8, p. 872-880, 2014.

YOUNG, A. The social brain and the myth of empathy. **Science in Context**, v. 25, n. 3, p. 401-424, 2012.

YOUNG, M. J. et al. Deity and destiny: patterns of fatalistic thinking in christian and hindu cultures. **Journal of Cross-Cultural Psychology**, v. 42, n. 6, p. 1030-1053, 2011.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZEIDLER, D. L. et al. Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education, **Science Education**, v. 89, n. 3, p. 357-377, 2005.

ZEIDLER, D. L.; NICHOLS, B. H. Socioscientific issues: theory and practice. **Journal of Elementary Science Education**, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009.

ZUDAIRE, I.; FRAILE, M. N. Exploring the conceptual challenges of integrating epigenetics in secondary-level science teaching. **Research in Science Education**, p. 1-18, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-019-09899-5>. Acesso em: 06 out. 2020.

APÊNDICE A



Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
 Universidade Federal da Bahia (UFBA)
 Programa de Pós-Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências (PPGEFHC)



Projeto: Herança epigenética da obesidade no Ensino Superior: promovendo um letramento científico crítico através do ensino de uma herança estendida

Doutorando: Bruno Barros Althoff

Orientadores: Claudia de Alencar Serra e Sepúlveda e Charbel Niño El-Hani

Professora colaboradora: Susie Vieira de Oliveira

Disciplina: Genética Básica - Licenciatura

AVALIAÇÃO DE SEQUÊNCIA SOBRE HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE

Prezada/o docente, estamos te convidando para realizar uma avaliação de uma Sequência Didática (SD) tendo como base teórica um modelo de educação Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS) centrado na resolução de questões sociocientíficas (QSC). Essa SD está vinculada a uma pesquisa de doutorado cujo objetivo principal é desenvolver, por meio de um trabalho colaborativo situado em sala de aula, princípios de planejamento de uma SD sobre herança epigenética da obesidade, que tenham o potencial de mobilizar as dimensões conceitual, procedimental e atitudinal dos conteúdos, com o propósito de desenvolver capacidades de posicionamento crítico sobre ações sociopolíticas e uma compreensão do conceito de herança biológica que abranja o campo da epigenética, por discentes do Ensino Superior. Confiamos em sua colaboração como meio de validação de nosso material.

Para validar essa SD, você deve ler as ações didáticas previstas para cada aula e analisar se elas estão de acordo com as questões orientadoras associadas aos objetivos de aprendizagem, escolhendo apenas uma opção da coluna de análise. Será de grande importância a inclusão de justificativas e/ou sugestões para esta validação. A análise está organizada a partir de objetivos de ensino e objetivos de aprendizagem, sendo eles: conceituais (relacionada a um campo epistemológico e pode ser compreendida por três categorias: fatos, conceitos e princípios científicos); procedimentais (relativa a um campo metodológico e compreendida a partir de três categorias: técnicas, procedimentos e métodos); e atitudinais (relacionada a um campo axiológico ético-político e compreendida a partir de três categorias: valores, normas e atitudes).

Desde já agradecemos sua colaboração como meio de validação de nosso material!

Ao terminar, favor enviar ao e-mail: brunoalthoffbio@gmail.com

Perfil do Avaliador	
1 Formação Acadêmica	
1.1 Graduação:	
1.2 Pós Graduação:	
2 Dados Profissionais	
2.1 Instituição(ões) em que leciona:	
2.2 Disciplinas que leciona:	
2.3 Experiência docente:	
3.4 Experiência docente por nível de ensino	
3.4.1 Ensino Fundamental:	
3.4.2 Ensino Médio:	
3.4.3 Ensino Superior:	
3.5 Atuação como pesquisador	
<input type="checkbox"/> Sim	3.5.1 Área de atuação:
<input type="checkbox"/> Não	

Aulas (t)	Ações didáticas	Objetivo de ensino	Você considera que as ações didáticas estão de acordo com os objetivos de ensino?	Objetivos de aprendizagem	Você considera que as ações didáticas estão de acordo com os objetivos de aprendizagem?	JUSTIFICATIVAS E/OU SUGESTÕES
1 (3h)	<p>Através de uma aula expositiva, será apresentado o papel do ambiente na interação sobre o desenvolvimento de características em seres vivos, discutindo sobre sua implicação no modo como compreendemos a relação entre genótipo e fenótipo.</p> <p>Em seguida, serão lembrados conceitos e características da herança mendeliana clássica, relacionando com a visão determinista da genética. A partir disso, será problematizado o conceito de herança biológica, demonstrando sua polissemia através de exemplos de outros tipos de transmissão de características, como através de fatores epigenéticos e ambientais.</p> <p>Através da discussão, será demonstrada a importância de levar em consideração a natureza multifatorial da herança biológica para compreender a herança das características biológicas nos organismos.</p>	Refletir sobre a interação do ambiente no desenvolvimento do fenótipo a partir do genótipo e suas implicações para o conceito de herança biológica.	<input type="checkbox"/> Atende completamente <input type="checkbox"/> Atende parcialmente <input type="checkbox"/> Não atende	C1, P1, A1	<input type="checkbox"/> Atende completamente <input type="checkbox"/> Atende parcialmente <input type="checkbox"/> Não atende	
2 (2h)	<p>Será apresentado aos discentes a proposta e os objetivos da sequência didática que se espera mobilizar, definindo os conceitos e explicando a importância da utilização de QSC através de uma abordagem CTSA no ensino, a fim de alcançar um letramento científico crítico.</p> <p>Em seguida, será apresentado o caso 1 aos discentes, abordando as preocupações de Julia</p>	Apresentar aos alunos a abordagem CTSA utilizando QSCs e sua importância no alcance do letramento científico crítico,	<input type="checkbox"/> Atende completamente <input type="checkbox"/> Atende parcialmente <input type="checkbox"/> Não atende	C2, C3, C5, P2, P3, P4, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8	<input type="checkbox"/> Atende completamente <input type="checkbox"/> Atende parcialmente <input type="checkbox"/> Não atende	

	<p>e Paulo sobre as notícias relacionadas à herança epigenética da obesidade e suas questões sobre adiar ou não a gravidez. A partir da leitura do caso e das matérias envolvidas, será aberta uma discussão em sala de aula com a turma para responder as perguntas levantadas no final do caso, utilizando as questões orientadoras como auxílio para orientar a discussões e os conteúdos mobilizados. O acompanhamento com o(a) professor(a) é essencial para que os alunos compreendam a atividade e a dinâmica das próximas aulas, além de explorar as interpretações e concepções prévias dos discentes.</p> <p>Após a resolução do caso pelo(a) professor(a) e pelos discentes, será discutido sobre o alcance dos objetivos de aprendizagem e a importância da mobilização de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para a participação na resolução de QSCs.</p>	<p>para, em seguida, familiarizar os discentes com a história de Julia e Paulo e ouvir suas interpretações e posicionamentos sobre o caso e as questões propostas.</p>				
3 (3h)	<p>Através de uma aula expositiva, será explanado o campo de estudo da epigenética para os discentes. Primeiramente serão apresentados seus aspectos históricos, desde sua origem com o cientista Conrad H. Waddington (1942) e sua importância na biologia do desenvolvimento e na diferenciação celular, até sua redefinição conceitual com estudos de expressão gênica e herança transgeracional. Após estabelecer o conceito mais adequado para se compreender a epigenética atualmente, serão apresentados</p>	<p>Apresentar como a expressão genética é influenciada através de mecanismos epigenéticos, como metilação de bases nitrogenadas e modificação de histonas, e como esses marcadores podem ser</p>	<p>() Atende completamente</p> <p>() Atende parcialmente</p> <p>() Não atende</p>	<p>C4, P1, A1, A4, A7</p>	<p>() Atende completamente</p> <p>() Atende parcialmente</p> <p>() Não atende</p>	

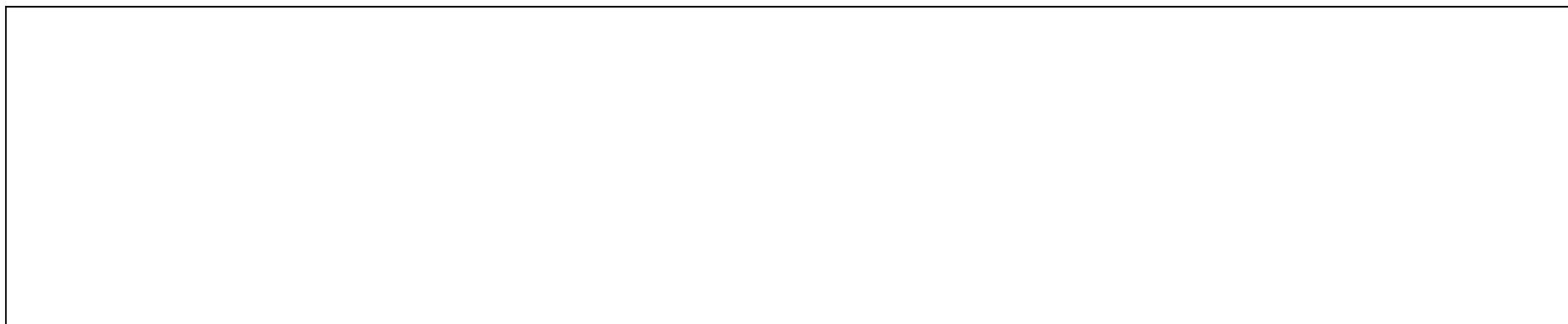
	<p>seus principais mecanismos moleculares de ativação ou inativação dos genes: metilação de bases nitrogenadas (complexo CpG) e modificação de histonas.</p> <p>Em seguida, compreendendo como ocorre a marcação epigenética, serão discutidas as possíveis formas de heranças dos marcadores epigenéticos, demonstradas através de evidências científicas de estudos recentes com herança de características como obesidade e estresse. Após finalizar a exposição do conteúdo, será realizada uma discussão com os alunos sobre os efeitos que a epigenética pode ter nos humanos e como isso altera o modo como compreendemos a herança, avaliando os conteúdos mobilizados no discurso dos alunos.</p>	herdados para gerações seguintes.				
4 (2h)	<p>Será retomado o conteúdo da aula anterior, lembrando rapidamente os conceitos aprendidos sobre epigenética e herança, e discutido sobre como as questões sociais poderiam reproduzir as marcações epigenéticas, e, também, como as marcações epigenéticas poderiam reproduzir questões sociais.</p> <p>Após a discussão, será aplicado o caso 2, em que Julia e Paulo, após mudarem seus hábitos para uma vida mais saudável, exploram as implicações sociais, econômicas e políticas da obesidade, e consideram a importância do uso do conhecimento sobre herança epigenética para propor medidas eficazes para sua prevenção e tratamento. Dessa vez, os grupos terão mais autonomia para guiar a discussão,</p>	Investigar e discutir o papel da sociedade na reprodução de características envolvidas em processos epigenéticos e, através do segundo caso, investigar as influências sociais, econômicas e políticas da obesidade.	<input type="checkbox"/> Atende completamente <input type="checkbox"/> Atende parcialmente <input type="checkbox"/> Não atende	C5, P3, P4, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8	<input type="checkbox"/> Atende completamente <input type="checkbox"/> Atende parcialmente <input type="checkbox"/> Não atende	

	sendo acompanhados pelo(a) professor(a) que, quando achar necessário, poderá intervir com questões para orientar a discussão.					
5 (3h)	<p>Será apresentado aos alunos a importância de alcançar um letramento científico crítico no ensino a fim de formar cidadãos socialmente responsáveis. Será lembrado o uso de QSC dentro da perspectiva CTS, para que os alunos compreendam a ligação entre essa estratégia de ensino e o seu potencial para estimular Ações Sociopolíticas. Será abordado o tema apresentando as bases teóricas utilizando o trabalho de Hodson (2011) e explorando exemplos de ações, como: organizar grupos de pressão política; realizar iniciativas educativas sobre o tema; participar de iniciativas de voluntariado; propor soluções inovadoras para o problema; e mudança dos próprios comportamentos.</p> <p>Em seguida, será apresentado o caso 3, com a atividade que exige maior autonomia dos discentes para resolução das questões. A partir do caso, será pedido aos grupos para que proponham e desenvolvam um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética da obesidade, a ser apresentado na aula seguinte.</p>	<p>Explorar, com os discentes, os potenciais e estratégias para promoção de ação sociopolítica, e propor, através do terceiro caso, que se posicionem e desenvolvam em grupo uma proposta de ação sociopolítica abordando a questão da herança epigenética da obesidade.</p>	<p><input type="checkbox"/> Atende completamente</p> <p><input type="checkbox"/> Atende parcialmente</p> <p><input type="checkbox"/> Não atende</p>	<p>C5, C6, C7, P3, P4, P5, P6, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8</p>	<p><input type="checkbox"/> Atende completamente</p> <p><input type="checkbox"/> Atende parcialmente</p> <p><input type="checkbox"/> Não atende</p>	

6 (2h)	<p>Cada grupo apresentará para a turma sua proposta de ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética na prevenção e tratamento da obesidade, para que os discentes possam realizar críticas e sugestões ao grupo. Os grupos serão avaliados pelo(a) professor(a) e pelos alunos através de um questionário de avaliação levando em conta determinadas características.</p> <p>Ao término de todas as apresentações, se encerrará a aula com um diálogo entre a turma e o(a) professor(a) avaliando o aprendizado na sequência didática, em termos de alcance dos objetivos de ensino e de aprendizagem, bem como considerações finais dos discentes.</p> <p>A partir das sugestões e críticas, o grupo deverá desenvolver seu projeto de ação sociopolítica e enviar ao(à) professor(a) em uma data previamente estabelecida para avaliação. Após finalizado o projeto, será incentivada a aplicação da ação sociopolítica com os alunos na comunidade.</p>	<p>Avaliar e discutir, em conjunto com toda a turma, as propostas desenvolvidas pelos grupos através de sugestões e críticas construtivas, além de dialogar com a turma sobre considerações finais da sequência didática.</p>	<p><input type="checkbox"/> Atende completamente</p> <p><input type="checkbox"/> Atende parcialmente</p> <p><input type="checkbox"/> Não atende</p>	<p>C6, C7, C8, P5, P6, P7, P9, A2, A3, A6, A7, A8, A9</p>	<p><input type="checkbox"/> Atende completamente</p> <p><input type="checkbox"/> Atende parcialmente</p> <p><input type="checkbox"/> Não atende</p>	
--------	---	---	---	---	---	--

Comentários gerais

(Você poderá comentar sobre qualquer aspecto da SD)

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to provide general comments on the SD (Software Design) aspect.

Objetivos de aprendizagem

Conceituais

1. Relacionar e definir o conceito de herança biológica com os diferentes tipos de transmissão de características.
2. Definir conceitos de obesidade e sobrepeso, diferenciando-os e analisando sua validade.
3. Compreender o uso de Questões Sociocientíficas (QSC) no ensino com objetivo de associar relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) a fim de alcançar um letramento científico crítico.
4. Identificar os mecanismos epigenéticos, tais como metilação de bases nitrogenadas e modificação de histonas, e relacionar a influência do ambiente na expressão genética, bem como sua possível herança.
5. Identificar relações de interesse por trás das medidas de prevenção e tratamento da obesidade.
6. Reconhecer os potenciais e estratégias para a promoção de ação sociopolítica no ensino.
7. Relacionar as medidas políticas de prevenção e tratamento da obesidade com as informações provenientes da epigenética, e avaliar se são suficientes para mitigar a taxa de obesidade no país.
8. Refletir sobre o papel da mídia na recontextualização da informação científica e seu impacto social e político.

Procedimentais

1. Expor concepções e conhecimentos prévios sobre herança biológica.
2. Pesquisar e analisar matérias e documentos sobre o assunto e relacionar com as questões levantadas em sala de aula.
3. Discutir e deliberar em grupo sobre as questões apresentadas e se posicionar em relação às controvérsias e discussões em sala de aula.
4. Identificar e avaliar interesses e valores nos discursos, legislação e ações em relação à prevenção e tratamento da obesidade.
5. Relacionar a sobrecarga da responsabilidade individual em questões complexas como a culpabilidade e a estigmatização do indivíduo.
6. Investigar as medidas políticas de prevenção e tratamento da obesidade do país e relacionar com os conhecimentos adquiridos ao longo da sequência didática.
7. Propor e desenvolver ações sociopolíticas, em grupo, visando considerar a herança epigenética como fator influente na prevenção e tratamento da obesidade.
8. Sintetizar e apresentar a proposta do grupo à turma, considerando críticas e sugestões dos outros discentes.
9. Avaliar e contribuir com críticas e sugestões as propostas apresentadas em sala de aula.

Atitudinais

1. Colaborar com a turma para elaboração de um conceito de herança que abarque os diferentes tipos de transmissão de características.
2. Trabalhar em equipe e respeitar os diferentes pontos de vista, sabendo dialogar de forma argumentativa a fim de compreender as razões que os fundamentam, e estabelecer pontos de consenso ou coexistência.
3. Colaborar na troca de conhecimentos entre os grupos nas discussões.
4. Respeitar normas estabelecidas nas discussões realizadas em sala de aula.
5. Mostrar interesse pela execução das tarefas em sala de aula.
6. Demonstrar responsabilidade em cumprimento de prazos e tarefas.
7. Envolver-se em diálogos e discussões com o grupo e a turma, sabendo ouvir e contribuir de forma respeitosa
8. Se posicionar criticamente em relação às políticas de prevenção e tratamento da obesidade e suas causas e consequências sociopolíticas, pautando-se em valores de justiça social.
9. Apropriar-se da discussão da herança epigenética na prevenção e tratamento da obesidade através de uma ação sociopolítica, mobilizando as diversas questões que envolvem o tema.

Casos da QSC:

Caso 1

Julia e Paulo estão obesos e planejam a sua primeira gravidez. Os hábitos do casal não poderiam ser chamados de saudáveis, já que ambos comem refeições diárias baseadas em produtos ultraprocessados, como nuggets, batata frita congelada, refrigerante, pratos prontos congelados, além de eventuais refeições em redes de fast food. Em relação a exercícios, o máximo que andam diariamente é o caminho até o carro para ir trabalhar.

Os dois já sofrem dos problemas relacionados à obesidade, como fadiga e dificuldade para se locomover e para respirar. Se sentem desconfortáveis por estarem acima do peso e já terem que lidar com esses problemas de saúde, mas não conseguem mudar seus hábitos. Todas as vezes que tentaram, acabaram retornando ao seu estilo de vida e ao peso que estavam antes.

Tudo mudou quando o casal se deparou com uma matéria na internet sobre uma tal de herança epigenética. Nessa matéria, pesquisadores da UERJ comentam sobre seus estudos em que a obesidade de ratos foram transmitidas para a geração seguinte. Com essa preocupação em mente, os dois começaram a buscar mais informações sobre o assunto. A partir das informações encontradas, Paulo alertou Julia sobre os efeitos desses estudos, dizendo que, pelo efeito materno ser mais evidente, ela deveria mudar seus hábitos urgentemente para engravidar. Julia ficou indignada com a pressão de Paulo sobre ela, mas preferiu pedir opinião de especialistas para saber como proceder em relação à sua gravidez.

Levando-se em conta o desejo do casal de ter filhos e as informações disponíveis sobre a herança epigenética da obesidade, discuta em grupo e responda:

1. Você concorda com a posição de Paulo em pressionar Julia a mudar seus hábitos urgentemente por causa da gravidez? Por quê?
2. Você acha que a herança epigenética deveria ser levada em consideração no planejamento da gravidez do casal, mesmo consistindo em adiá-la?
3. Quais sugestões e conselhos você daria ao casal para que eles possam diminuir o risco de transmitir as consequências de seus hábitos a seus filhos?

Anexos:

Obesidade cresce 60% em 10 anos, diz pesquisa do Ministério da Saúde

<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/saude/obesidade-cresce-60-em-10-anos-diz-pesquisa-do-ministerio-da-saude/?cHash=c10ff0f974f3c65ece458af41781db4c>

Uerj pesquisa influência da atividade física das mães na obesidade dos filhos

<http://agenciabrasil.etc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2017-07/uerj-pesquisa-influencia-da-atividade-fisica-das-maes-na>

Você sabe o que é epigenética? Se está tentando engravidar, conheça!

<http://paiefilhos.uol.com.br/quero-engravidar/voce-sabe-o-que-e-epigenetica-se-esta-tentando-engravidar-conheca/>

Epigenética da obesidade

<http://www.ageracaociencia.com/2016/04/19/epigenetica-da-obesidade/>

A culpa é da sua mãe!

<https://saude.abril.com.br/blog/cientistas-explicam/a-culpa-e-da-sua-mae/>

A obesidade que herdamos de papai

https://brasil.elpais.com/brasil/2015/12/04/ciencia/1449230152_839672.html

Questões orientadoras:

1. Por que a obesidade é tratada como problema de saúde pública?
2. O que você entende por epigenética?
3. A preocupação de Julia ao ler as matérias é justificada? Por quê?
4. Você concorda com a pressão de Paulo para que Julia mude seus hábitos? Por quê?
5. Quais consequências a sobrecarga na responsabilidade individual pode acarretar nos indivíduos com obesidade ou sobrepeso?

6. Quais sugestões vocês dariam ao casal para que possam diminuir os riscos de transmitir a tendência à obesidade a seus filhos?

Caso 2

Após o casal conversar entre si sobre as questões envolvendo a herança epigenética da obesidade, Julia e Paulo resolveram mudar seus hábitos juntos, além de adiar os planos de engravidar por um tempo, até estarem mais saudáveis. O casal buscou ajuda de profissionais especializados em perda de peso e começaram a fazer exercícios diários e mudaram sua alimentação: trocaram os produtos ultraprocessados por produtos naturais, o refrigerante por água, o prato pronto congelado por refeições feitas na hora com produtos in natura, além de iniciar uma dieta controlada. Ainda que tenha sido uma transição difícil, em poucos meses já começaram a sentir diferenças.

Em dois anos, o casal estava saindo da condição de obesos para sobrepeso, e seus resultados de hemograma e de testes de aptidão física mostravam pessoas muito mais saudáveis. Após se acostumarem com os novos hábitos, Julia e Paulo perceberam como havia sido difícil resistir a um estilo de vida sedentário com alimentos industrializados. Pensavam nos seus outros colegas que não conseguiam sair da obesidade por sua classe social não providenciar as mesmas oportunidades. Muitos não tinham dinheiro ou tempo para investir em uma alimentação saudável ou exercícios, seja pela renda disponível ou pelo local de moradia. Sem essas oportunidades, qual poder de escolha teriam?

Levando em conta que a obesidade é uma questão de saúde pública, Julia e Paulo investigaram quais as medidas do governo para a prevenção e tratamento da obesidade. Ainda que as medidas do governo brasileiro tenham sido referência na prevenção e tratamento da obesidade no mundo, chamou a atenção dos dois a influência das indústrias alimentícias nas propostas do governo (lobby). As mesmas que contribuem para a obesidade através de seus produtos. Como é possível resolver o problema da obesidade, pensou eles, se enquanto educamos as pessoas para seus hábitos, o país estimula o consumo de produtos menos saudáveis?

A partir disso, refletiram também sobre o papel da herança epigenética nesse ciclo de obesidade. Será que o aumento drástico da taxa de obesidade teria relação com a transmissão de características dos pais relacionadas a hábitos de vida pouco saudáveis? E, mais importante, como a herança epigenética pode ser usada para auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade?

Diante de tantas questões complexas envolvendo as medidas de política pública de prevenção e tratamento da obesidade, imagine que o casal Julia e Paulo pedem seu auxílio para responder as seguintes questões:

1. Como questões socioeconômicas influenciam na prevenção e tratamento da obesidade? Qual é o papel da política em providenciar igualdade de oportunidades para prevenir e tratar a obesidade?
2. De que forma o lobby das indústrias alimentícias influenciam a política e, conseqüentemente, as medidas de prevenção e tratamento da obesidade do país?

3. De que forma considerar a herança epigenética nas políticas públicas pode trazer contribuições para a prevenção e tratamento da obesidade? Elabore um exemplo.
4. Como nós, como indivíduos, podemos auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade?

Anexos:

Campanha Brasil Saudável e Sustentável

<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/caisan/campanha-brasil-saudavel-e-sustentavel>

Pacto Nacional para Alimentação Saudável

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Decreto/D8553.htm

Deserto Alimentar – Comida saudável mesmo é comida de verdade. Mas quem tem acesso a ela?

<https://tab.uol.com.br/deserto-comida#deserto-alimentar>

Apesar de lobby, nutricionistas lutam para promover alimentação adequada

<https://www.cartacapital.com.br/saude/apesar-de-lobby-nutricionistas-lutam-para-promover-alimentacao-adequada>

Coca-Cola e Pepsi pagam milhões para esconder seu vínculo com a obesidade

https://brasil.elpais.com/brasil/2016/10/07/ciencia/1475858935_672186.html

Enquanto brasileiros engordam, empresas faturam mais

<http://economia.estadao.com.br/blogs/radar-economico/hoje-obesos-os-pobres-engordam-o-lucro-das-empresas/>

Questões orientadoras:

1. A responsabilidade individual é suficiente para a prevenção e tratamento da obesidade? Quais outros fatores devem ser levados em consideração?
2. Quais as medidas de política pública que são colocadas em prática no Brasil para a prevenção e tratamento da obesidade?
3. Essas medidas são suficientes para providenciar oportunidades de mudança de hábitos a todos que a buscarem?
4. Essas medidas se concentram mais em responsabilidade individual ou sociopolíticas?
5. Quais interesses impedem que as medidas sociopolíticas sejam colocadas em prática?
6. O que é lobby e quais as consequências políticas e sociais envolvidas nele?
7. Qual a importância de levar em consideração a herança epigenética da obesidade na elaboração de medidas políticas para sua prevenção e tratamento?

8. Quais fatores sociais podem influenciar o acesso às oportunidades de mudança para hábitos mais saudáveis? Reflita tanto sobre o papel do acesso à informação, quanto ao acesso de bens públicos e privados.

Caso 3

Meses depois, enfim, Julia recebeu a notícia de que estava grávida. Após uma luta árdua contra a obesidade, o casal conseguiu manter hábitos saudáveis – os quais agora já faziam parte de seu cotidiano. Estavam felizes em saber que seu filho nasceria em um ambiente preocupado com uma alimentação saudável, com disponibilidade de produtos naturais, não industrializados, com pouca concentração de açúcar e outros ingredientes prejudiciais.

Ainda assim, percebiam que o motivo pelo qual lutaram tanto para manter hábitos saudáveis - a herança epigenética - ainda era ignorada como um fator envolvido na prevenção e tratamento da obesidade. Imaginavam que, se as consequências dos hábitos dos pais pudessem ser herdadas biologicamente, isso devia ser considerado na elaboração de medidas de políticas públicas. Pior, percebiam que as poucas matérias que encontravam, apontavam os pais como culpados, sobrecarregando a responsabilidade individual, sem considerar todas as outras causas envolvidas na questão da obesidade.

Preocupados com o uso da epigenética para reforçar a estigmatização de pessoas acima do peso e desviar a responsabilidade do governo para a prevenção e tratamento da obesidade, Julia e Paulo resolveram fazer sua parte. De forma contrária, visavam divulgar a herança da epigenética de forma mais crítica, a fim de compreender como desigualdades sociais e outros fatores podem contribuir para focar políticas públicas, a fim de resolver o problema. Entretanto, não sabiam por onde começar.

Imagine que Julia e Paulo pediram sua ajuda para elaborar ações que considerem a herança epigenética na prevenção e tratamento da obesidade de forma crítica:

1. Construa e desenvolva, em grupo, um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo o tema, apontando o tipo de ação sociopolítica escolhida, seu objetivo, seu público alvo, bem como uma breve descrição de sua aplicação.
2. Após apresentação de seu projeto para turma, desenvolva-o em grupo e envie para o(a) professor(a) na data estabelecida.

Questões orientadoras:

1. Por que a herança epigenética é pouco conhecida?
2. Diversas matérias de divulgação da herança epigenética vem responsabilizando o indivíduo. Quais consequências esse tipo de posicionamento pode acarretar?
3. Como a herança epigenética se relaciona com os fatores sociais e políticos envolvidos na obesidade?

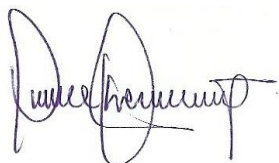
4. De que outra forma você divulgaria a herança epigenética?
5. A ação sociopolítica desenvolvida cumpre o objetivo estipulado?
6. Quais os alcances e limites da ação sociopolítica desenvolvida?

APÊNDICE B
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado(a) pela professora e pesquisadora responsável Susie Vieira de Oliveira da Universidade Estadual de Feira de Santana-UEFS, a participar de uma pesquisa de caráter didático-pedagógico intitulada: **Investigação de inovações educacionais em ensino de evolução e genética com abordagem Ciência/Tecnologia /Sociedade**. Também participarão outros pesquisadores e discentes da UEFS e professores da sua escola. O objetivo é o desenvolvimento de estratégias didáticas para o ensino de evolução e genética, que possam gerar melhor compreensão desses conteúdos e contribuir para a construção de uma postura crítica da ciência e o desenvolvimento de habilidades pelos alunos, na tomada de decisões socialmente responsáveis, na resolução de problemas sócio científicos. Esclarecemos que todas as etapas desta pesquisa serão realizadas em sua sala de aula, nos horários da matéria Biologia, sob o comando do Professor responsável. A pesquisa envolverá aplicação de questionários pré e pós teste), experimentos em laboratórios e gravação em vídeo/fotografia das aulas, se você concordar, focalizando a participação dos discentes seja em momentos de discussão coletiva e de ‘exposição interativa’ por parte da professora, e também nos momentos de trabalhos em pequenos grupos. Estas atividades farão parte das próprias atividades realizadas em sala de aula e, portanto, não representarão trabalho extra para você. Caso você tenha interesse, poderá acompanhar os experimentos, mesmo fora do seu horário de aula. Todos os registros serão usados apenas nesta pesquisa e ficarão arquivados no Núcleo de Estudos Integrados em Genética e Evolução (LOCUS), da UEFS, Módulo I, sala MT16, sob minha responsabilidade e após cinco anos serão destruídos. Não serão, portanto, utilizados para avaliação de condutas dos alunos nem para público externo ou interno. Seu nome não será citado, nem qualquer dado que possa lhe identificar. Você não terá nenhum benefício direto, mas sua participação poderá contribuir para a sua atividade como futuro profissional. Não existirão despesas ou compensações pessoais em qualquer fase do estudo. Também não haverá nenhum tipo de compensação financeira ou atribuição de notas e/ou conceitos durante a realização do trabalho. A pesquisa iniciará somente com o seu pleno consentimento. Mas se você tiver menos de 18 anos, mesmo aceitando, só poderá participar se seus pais ou responsáveis permitirem. Os resultados da pesquisa serão apresentados publicamente de diferentes formas (monografias, em eventos científicos, artigos publicados em revistas científicas especializadas) para o conhecimento da comunidade acadêmica e para você. Sua participação na pesquisa poderá

trazer riscos (emocionais, psicológicos) em função dos procedimentos adotados durante a coleta de dados, mas você tem o direito de não participar ou desistir em qualquer momento, mesmo tendo iniciado a pesquisa, sem nenhum problema. Se você se achar devidamente esclarecido(a) e concordar voluntariamente em participar, pedimos que assine este documento, caso seja de maior idade, em duas vias juntamente comigo, ficando com uma delas. Agradecendo a sua atenção, coloco-me à disposição para maiores esclarecimentos que julgue necessário (vieirasusiel@gmail.com ou **Universidade de Feira de Santana – Campus Universitário - Av. Transnordestina, S/N. Bairro Novo Horizonte - Departamento de Ciências Biológicas, Locus, sala MT16 (75) 3161-8182, 44.036-900. Feira de Santana- BA-Brasil**).

Feira de Santana, 07 de maio de 2018.



Susie Vieira de Oliveira

Participante

Responsável

APÊNDICE C
PRINCÍPIOS DE DESIGN REFINADOS

#	PROPÓSITO (Y)	CARACTERÍSTICA DA INTERVENÇÃO (A)	PROCEDIMENTOS (K)	ARGUMENTOS (P)	EXPECTATIVAS DE ENSINO
1	Promover uma compreensão crítica sobre o desenvolvimento de características nos organismos.	Abordagem do campo da epigenética, realçando sua importância na compreensão da interação entre fatores genéticos e ambientais, de forma a contrapor com as características e as consequências do campo da genética mendeliana clássica.	Revisão da genética mendeliana, problematizando suas premissas em relação à interação entre fatores genéticos e ambientais e sua limitação em explicar características multifatoriais para compreender a complexidade dessa interação e discutir suas implicações para compreender o desenvolvimento de características além do determinismo e reducionismo genético.	A visão genocêntrica dos organismos foi consolidada como corrente principal da ciência biológica ao longo do século XX, principalmente com os avanços da genética molecular (WATSON; CRICK, 1953; CRICK, 1970). Dentro dessa perspectiva, o determinismo genético pode ser definido como a tese de que as características de um organismo são inteiramente o resultado causal de seus genes. Por outro lado, o reducionismo genético, ainda que reconheça a interação com outros fatores não-genéticos, estabelece que os fatores genéticos possuem uma influência dominante no desenvolvimento de fenótipos (WACHBROIT, 2002). Essas ideias estão vinculadas, historicamente, a movimentos eugênicos e de racismo científico (LEWONTIN, 2000). Entretanto, o campo da epigenética vem, desde o início do século XXI, realçando a importância e a complexidade da interação do ambiente no desenvolvimento das características dos organismos (JABLONKA; LAMB, 2010). Dessa forma, a epigenética desafia a visão genocêntrica, bem como o determinismo e reducionismo genético, ao propor uma maior integração dos fatores ambientais ao desenvolvimento de características através de mecanismos moleculares.	a) Possibilitar que os discentes compreendam a epigenética a partir da relação causal entre genótipo, fenótipo e ambiente na determinação de características distintas b) Promover uma reflexão crítica em relação aos discursos deterministas e/ou reducionistas.
2	Promover o reconhecimento da pluralidade de formas de pensar herança biológica e uma apropriação da herança estendida	Examinar as diferentes formas de heranças – biológica, ambiental, comportamental e cultural que podem estar envolvidos no	Discussão do poder explanatório da herança genética mendeliana, problematizando sua perspectiva reducionista a mecanismos exclusivamente genéticos, através de exemplos de herança não genéticas, reconhecendo a	A teoria dos perfis conceituais leva em consideração a coexistência de diferentes formas de pensar um conceito em cada indivíduo (MORTIMER, 2000). Dessa forma, aprender um conceito científico no ensino de ciências é compreendê-lo em uma determinada zona de perfil conceitual referente ao discurso científico. Dito isso, o conceito de herança biológica vinculado à genética	a) Possibilitar que os discentes alcancem um conceito de herança biológica que inclua os fatores epigenéticos. b) Possibilitar que os discentes reconheçam a influência das heranças ambientais, comportamentais e culturais.

		desenvolvimento da obesidade na resolução da QSC	pluralidade de formas de pensar herança e seu valor pragmático (MORTIMER, 2000).	mendeliana vem sendo confrontado com evidências sobre a influência de fatores não genéticos na herança biológica, como epigenéticos, ambientais, comportamentais e culturais (PANTAROTTI, 2016). Dessa forma, diversos autores aconselham uma visão estendida do conceito de herança, a fim de adquirir uma compreensão mais ampla sobre os processos e mecanismos que regem tal fenômeno (BONDURIANSKY; DAY, 2018).	
3	Promover uma reflexão crítica do campo da epigenética e seu potencial em oferecer explicações de como fatores socioambientais podem interferir na saúde, a fim de proporcionar medidas de política pública.	Abordagem da controvérsia em relação ao potencial ambivalente da epigenética para manter o <i>status quo</i> ou promover justiça socioambiental, através de uma QSC.	Uso de casos que propiciem o exame de aspectos científicos, sociais, políticos e éticos e o posicionamento dos estudantes em sua resolução.	Evidências crescentes da herança epigenética transgeracional (HUYPENS et al., 2016; ROBERT, 2017) em diversos estudos apontam como um fator relevante a ser considerado para compreender fenômenos de saúde público e promover medidas de prevenção e tratamento (OHLINGER, 2012; VAN DIJK et al., 2015). Sendo as modificações epigenéticas passíveis de reversão, a sua compreensão pode auxiliar a elaboração de políticas públicas (NICULESCU, 2011). Entretanto, a epigenética pode também ser usado para aumentar estigmatização de indivíduos ao sobrecarregar a responsabilidade individual (MÜLLER et al., 2017). Dessa forma, visualizar de forma crítica as relações CTSA, podem aprimorar a compreensão sobre o papel da herança epigenética transgeracional em alcançar propostas sociopolíticas visando uma justiça socioambiental (KENNEY; MÜLLER, 2016; MELONI, 2018)	a) Favorecer o reconhecimento de valores nos discursos sobre a herança epigenética da obesidade. b) Estimular os discentes a se posicionarem em prol de valores de justiça socioambiental.
4	Promover uma compreensão crítica das questões sociais, culturais, políticas, econômicas, éticas e emocionais envolvidas na prevenção e tratamento da	Examinar as relações CTSA envolvidas na prevenção e tratamento da obesidade, enfocando as limitações de medidas exclusivamente individuais e a	Discussão da QSC de “herança epigenética da obesidade”, com discussões em que os discentes sejam estimulados a reconhecer as diversas influências que permeiam a prevenção e tratamento da obesidade, bem como os interesses e valores envolvidos e as consequências psicológicas e	O aumento da taxa de obesidade no país e no mundo é vinculado a diversos fatores, que vão muito além das decisões pessoais, tais como desigualdade social, acesso a alimentos saudáveis, globalização cultural, lobby da indústria alimentícia e sua influência na política, etc. (MCLAREN, 2007; WELLS, 2012). Além disso, as consequências da prevenção e tratamento da obesidade podem levar ao pânico moral, estigmatizando indivíduos acima do peso e abalando-os psicologicamente (GARD;	a) Favorecer a análise do contexto histórico e de aspectos ideológicos, culturais, políticos, sociais, éticos e emocionais que influenciam a obesidade em nossa sociedade. b) Orientar os discentes a reconhecerem estratégias e medidas de prevenção e tratamento da obesidade que sejam

	obesidade e conduzir para um posicionamento crítico sobre a eficiência de suas estratégias e medidas.	necessidade de uma interpretação sociopolítica do fenômeno para alcançar resoluções mais eficazes, e considerando as implicações morais relacionadas à estigmatização e culpabilização de indivíduos acima do peso.	emocionais das medidas desenvolvidas nas pessoas acima do peso, para, a partir disso, propor soluções adequadas e eficazes para as questões levantadas.	WRIGHT, 2005). Esses fatores devem ser levados em consideração para uma compreensão mais crítica sobre a obesidade, para que se alcance resoluções mais eficazes.	eficazes e inclusivas, considerando a herança epigenética da obesidade.
5	Promover estímulos para um alcance do letramento científico crítico em relação à QSC.	Desenvolver um conjunto de casos da QSC sobre “herança epigenética da obesidade”.	Uso de casos que exijam que os discentes mobilizem as diversas relações CTSA envolvidas na QSC para responder e propor soluções para os problemas levantados em cada caso, utilizando a estratégia das cinco fases (<i>sensu</i> CONRADO, 2017) a fim de alcançar, ao fim da SD, o desenvolvimento e aplicação de uma ação sociopolítica pelos discentes.	A adoção da estratégia das cinco fases (CONRADO, 2017) pode favorecer a implementação da abordagem de QSC, através de casos que, gradativamente, proporcionem independência intelectual e autonomia pessoal nos estudantes, bem como o alcance dos quatro níveis de letramento científico (HODSON, 2004; 2011).	a) Possibilitar que os discentes se envolvam no desenvolvimento de ações sociopolíticas

APÊNDICE D
SEGUNDO PROTÓTIPO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ‘HERANÇA EPIGENÉTICA DA OBESIDADE’

Aulas (t)	Ações didáticas	Objetivo didático	Objetivos de aprendizagem
1 (3h)	<p>Através de uma aula expositiva-dialogada, será explicado aos alunos os pressupostos básicos da Educação CTSA através de um contexto histórico, e seus benefícios e limitações para o Ensino de Ciências. Dentro dessa perspectiva, será apresentado o conceito de QSCs, definindo suas características e sua importância como estratégia didática e estimulando os discentes a pensar em exemplos reais e atuais de QSCs. Em seguida, será explicado o conceito de letramento científico crítico, sua importância dentro de um Ensino de Ciências preocupado com a formação de cidadãos socioambientalmente responsáveis e as estratégias para alcançá-lo relacionando a QSC através de uma Educação CTSA.</p> <p>Após apresentar os conceitos aos discentes e estabelecer os fundamentos teóricos da SD, será explicada a estrutura e os objetivos da SD a ser aplicada. Em seguida, será realizada a leitura do caso 1 e dos textos, para pesquisarem em casa sobre o tema para a discussão na aula 2.</p>	<p>Apresentar aos alunos a Educação CTSA, a estratégia de ensino baseada em QSCs e sua importância no alcance do letramento científico crítico.</p> <p>Explicar a estrutura e objetivos da SD e contextualizar com o referencial teórico apresentado.</p> <p>Apresentar aos discentes a história de Julia e Paulo a partir do caso 1.</p>	C1, C2, C3
2 (2h)	<p>A aula se iniciará lembrando, através de perguntas aos discentes, os conceitos e referenciais teóricos apresentados na primeira aula. Em seguida, será lembrado como a SD está contextualizada com o que foi aprendido para, enfim, dar início à discussão com base na resolução das perguntas orientadoras do caso 1, abordando as preocupações de Julia e Paulo sobre as notícias relacionadas à herança epigenética da obesidade e suas questões sobre adiar ou não a gravidez. O acompanhamento com o(a) professor(a) é essencial para que os alunos compreendam a atividade e a dinâmica das próximas aulas, além de explorar as interpretações e concepções prévias dos discentes.</p> <p>Após a resolução do caso pelo(a) professor(a) e pelos discentes, será discutido sobre o alcance dos objetivos de aprendizagem e a importância da mobilização de conhecimentos, habilidades, valores e atitudes para a participação na resolução de QSCs.</p>	<p>Relembrar o que foi aprendido na primeira aula.</p> <p>Discutir com a turma sobre o caso 1 e as implicações do campo da epigenética sobre a decisão do casal, e sobre a definição de herança biológica.</p>	C4, C5, C6, P1, P2, P3, A1, A2, A3, A4, A8, A9

3 (3h)	<p>Através de uma aula expositiva, será explanado o campo de estudo da epigenética para os discentes. Primeiramente serão apresentados seus aspectos históricos, desde sua origem com o cientista Conrad H. Waddington (1942) e sua importância na biologia do desenvolvimento e na diferenciação celular, até sua redefinição conceitual com estudos de expressão gênica e herança transgeracional. Após estabelecer o conceito mais adequado para se compreender a epigenética atualmente, serão apresentados seus principais mecanismos moleculares de ativação ou inativação dos genes: metilação de bases nitrogenadas (complexo CpG) e modificação de histonas.</p> <p>Em seguida, compreendendo como ocorre a marcação epigenética, serão discutidas as possíveis formas de heranças dos marcadores epigenéticos, demonstradas através de evidências científicas de estudos recentes com herança de características como obesidade e estresse, e como isso altera a forma como compreendemos a herança biológica.</p> <p>Por fim, será realizada a leitura do caso 2 e dos textos relacionados, para discussão na aula seguinte.</p>	<p>Apresentar como a expressão genética é influenciada através de mecanismos epigenéticos, como metilação de bases nitrogenadas e modificação de histonas, e como esses marcadores podem ser herdados para gerações seguintes.</p>	C4, C8
4 (2h)	<p>Será retomado o conteúdo da aula anterior, lembrando rapidamente os conceitos aprendidos sobre epigenética e herança biológica, e discutido sobre como as questões sociais poderiam reproduzir as marcações epigenéticas, e vice-versa.</p> <p>Em seguida, será realizada a discussão com base na resolução das questões orientadoras do caso 2, em que Julia e Paulo, após mudarem seus hábitos para uma vida mais saudável, exploram as implicações sociais, econômicas e políticas da obesidade, e consideram a importância do uso do conhecimento sobre herança epigenética para propor medidas eficazes para sua prevenção e tratamento. Dessa vez, os grupos terão mais autonomia para guiar a discussão, sendo acompanhados pelo(a) professor(a) que, quando achar necessário, poderá intervir com questões para orientar a discussão.</p>	<p>Investigar e discutir o papel da sociedade na reprodução de características envolvidas em processos epigenéticos e, através do segundo caso, investigar as influências sociais, econômicas e políticas da obesidade.</p>	C7, P2, P3, A1, A2, A5, A6, A7, A8, A9
5 (3h)	<p>A aula se iniciará contextualizando o progresso dos casos da QSC com os objetivos gerais da SD dentro do alcance do letramento científico crítico, lembrando a importância de desenvolver ação sociopolítica e explorando exemplos reais de ação sociopolítica, considerando: organizar grupos de pressão política; realizar iniciativas educativas sobre o tema; participar de iniciativas de voluntariado; propor soluções inovadoras para o problema; e mudança dos próprios comportamentos.</p> <p>Em seguida, será apresentado o caso 3, com a atividade que exige maior autonomia dos discentes para resolução das questões. A partir do caso, será pedido aos grupos para que</p>	<p>Explorar, com os discentes, os potenciais e estratégias para promoção de ação sociopolítica, e propor, através do terceiro caso, que se posicionem e desenvolvam em grupo uma proposta de ação sociopolítica abordando a questão da herança epigenética da obesidade.</p>	P3, P4, A1, A2, A9, A10

	proponham e desenvolvam um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética da obesidade, a ser apresentado na aula seguinte.		
6 (2h)	<p>Cada grupo apresentará para a turma sua proposta de ação sociopolítica envolvendo a herança epigenética na prevenção e tratamento da obesidade, para que os discentes possam realizar críticas e sugestões ao grupo. Os grupos serão avaliados pelo(a) professor(a) e pelos alunos através de críticas e sugestões.</p> <p>A partir das sugestões e críticas, o grupo deverá desenvolver seu projeto de ação sociopolítica e enviar ao(a) professor(a) em uma data previamente estabelecida para avaliação. Após finalizado o projeto, será incentivada a aplicação da ação sociopolítica para seu público-alvo.</p> <p>Ao término de todas as apresentações, se encerrará a aula com um diálogo entre a turma e o(a) professor(a) avaliando o aprendizado na sequência didática, em termos de alcance dos objetivos de ensino e de aprendizagem, bem como considerações finais dos discentes.</p>	<p>Avaliar e discutir, em conjunto com toda a turma, as propostas desenvolvidas pelos grupos através de sugestões e críticas construtivas, além de dialogar com a turma sobre considerações finais da sequência didática.</p>	P4, A11

Objetivos de aprendizagem

Conceituais

1. Compreender as Questões Sociocientíficas (QSC) como estratégias de ensino com objetivo de associar relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) a fim de alcançar um letramento científico crítico.
2. Compreender o conceito de letramento científico crítico e seu alcance a partir dos quatro níveis de Hodson (2011).
3. Compreender os potenciais e estratégias para a promoção de ação sociopolítica no ensino.

4. Relacionar e definir o conceito de herança biológica com os diferentes tipos de transmissão de características biológicas e não-biológicas.
5. Identificar as ideias de determinismo e reducionismo biológico com os campos da genética e epigenética.
6. Definir conceitos de obesidade e sobrepeso de acordo com a OMS.
7. Compreender a influência do lobbismo na política e na sociedade.
8. Identificar os mecanismos epigenéticos, tais como metilação de bases nitrogenadas e modificação de histonas, e relacionar a influência do ambiente na expressão genética, bem como sua possível herança.

Procedimentais

1. Expor concepções e conhecimentos prévios sobre herança biológica e obesidade.
2. Pesquisar e analisar matérias e documentos sobre o assunto e relacionar com as questões levantadas em sala de aula.
3. Discutir e deliberar em grupo sobre as questões apresentadas e se posicionar em relação às controvérsias e discussões em sala de aula.
4. Sintetizar e apresentar a proposta de ação sociopolítica do grupo à turma, considerando críticas e sugestões dos outros discentes.

Atitudinais

1. Trabalhar em equipe e respeitar os diferentes pontos de vista, sabendo dialogar de forma argumentativa a fim de compreender as razões que os fundamentam, e estabelecer pontos de consenso ou coexistência.
2. Demonstrar responsabilidade em cumprimento de prazos e tarefas.
3. Relacionar os valores do discurso de responsabilidade individual em questões complexas como a culpabilidade, estigmatização e sobrecarga emocional e psicológico no indivíduo.
4. Identificar e avaliar os valores presentes nos discursos de determinismo e reducionismo biológico em relação à opressão e marginalização.
5. Identificar e avaliar os interesses e valores nos discursos, legislações e estratégias em relação à prevenção e tratamento da obesidade.
6. Identificar os grupos de interesses e atores sociais envolvidos nas medidas de prevenção e tratamento da obesidade.
7. Relacionar as medidas políticas de prevenção e tratamento da obesidade com as informações provenientes da epigenética, e avaliar se são suficientes para mitigar a taxa de obesidade no país.
8. Refletir criticamente sobre o papel da mídia na recontextualização da informação científica e seu impacto social e político.
9. Posicionar-se criticamente em relação às políticas de prevenção e tratamento da obesidade e suas causas e consequências sociopolíticas, pautando-se em valores de justiça social.
10. Mobilizar as questões geradas nas discussões sobre herança epigenética no prevenção e tratamento da obesidade através da proposta de uma ação sociopolítica.

11. Avaliar e contribuir com críticas e sugestões as ações sociopolíticas apresentadas em sala de aula.

Casos da QSC:

Caso 1

Julia e Paulo estão obesos e planejam a sua primeira gravidez, aos 35 anos de idade. Os hábitos do casal não poderiam ser chamados de saudáveis, já que ambos comem refeições diárias baseadas em produtos ultraprocessados, como nuggets, batata frita congelada, refrigerante, pratos prontos congelados, além de eventuais refeições em redes de fast food. Em relação a exercícios, o máximo que andam diariamente é o caminho até o carro para ir trabalhar.

Os dois já sofrem dos problemas relacionados à obesidade, como fadiga e dificuldade para se locomover e para respirar. Se sentem desconfortáveis por estarem acima do peso e já terem que lidar com esses problemas de saúde. Além disso, Julia se sentia cada vez mais desconfortável com seu corpo, principalmente devido à pressão social em relação aos padrões de beleza estabelecidos para mulheres. Entretanto, apesar desses problemas, o casal não consegue mudar seus hábitos. Todas as vezes que tentaram, acabaram retornando ao seu estilo de vida e ao peso que estavam antes.

Tudo mudou quando o casal se deparou com uma matéria na internet sobre uma tal de herança epigenética. Nessa matéria, pesquisadores da UERJ comentam sobre seus estudos em que a obesidade de ratos foram transmitidas para a geração seguinte. Com essa preocupação em mente, os dois começaram a buscar mais informações sobre o assunto. A partir das informações encontradas, Paulo alertou Julia sobre os efeitos desses estudos, dizendo que, pelo efeito materno ser mais evidente, ela deveria mudar seus hábitos urgentemente para engravidar, já que, pelo casal se encontrar em uma idade avançada, postergar a gravidez poderia acarretar problemas em uma futura gestação. Julia ficou indignada com a pressão de Paulo sobre ela, mas preferiu pedir opinião de especialistas para saber como proceder em relação à sua gravidez.

Digamos que seu grupo foi escolhido por Julia para auxiliá-la. Com base no texto e nas matérias em anexo, discuta em grupo e responda:

1. Como as informações acerca da herança epigenética influenciam o que conhecemos sobre a herança biológica?
2. Quais outras formas de transmissão não-genéticas podem ser reconhecidas nos textos?
3. Você concorda com a posição de Paulo em pressionar Julia a mudar seus hábitos urgentemente por causa da gravidez? Por quê?
4. Você acha que o casal deveria adiar a gravidez devido aos riscos de transmitir suas condições de obesos pela herança epigenética, mesmo considerando os riscos atrelados a uma gravidez com idade mais avançada? Quais sugestões e conselhos vocês dariam ao casal?

Anexos:

Obesidade cresce 60% em 10 anos, diz pesquisa do Ministério da Saúde

<http://www.tribuna.com.br/noticias/noticias-detalle/saude/obesidade-cresce-60-em-10-anos-diz-pesquisa-do-ministerio-da-saude/?cHash=c10ff0f974f3c65ece458af41781db4c>

Uerj pesquisa influência da atividade física das mães na obesidade dos filhos

<http://agenciabrasil.ebc.com.br/pesquisa-e-inovacao/noticia/2017-07/uerj-pesquisa-influencia-da-atividade-fisica-das-maes-na>

A culpa é da sua mãe!

<https://saude.abril.com.br/blog/cientistas-explicam/a-culpa-e-da-sua-mae/>

A obesidade que herdamos de papai

https://brasil.elpais.com/brasil/2015/12/04/ciencia/1449230152_839672.html

Questões orientadoras:

1. Por que a obesidade é tratada como problema de saúde pública?
2. O que você entende por epigenética?
3. Como o campo da epigenética se relaciona com a interação genótipo-fenótipo?
4. Os hábitos associados à obesidade descritos no texto podem ser considerados fatores herdáveis?
5. Diversas matérias de divulgação da herança epigenética responsabilizam o indivíduo. Quais consequências esse tipo de posicionamento pode acarretar?
6. As consequências em relação à sobrecarga individual da obesidade são iguais para o sexo masculino e feminino? Por quê?
7. A preocupação de Julia ao ler as matérias é justificada? Por quê?
8. Você concorda com a pressão de Paulo para que Julia mude seus hábitos? Por quê?
9. Quais consequências a sobrecarga na responsabilidade individual pode acarretar nos indivíduos com obesidade ou sobrepeso?
10. Quais sugestões vocês dariam para a pergunta de Julia?

Caso 2

Após o casal conversar entre si sobre as questões envolvendo a herança epigenética da obesidade, Julia e Paulo resolveram mudar seus hábitos juntos, além de adiar os planos de engravidar por um tempo, até estarem mais saudáveis. O casal buscou ajuda de profissionais

especializados em perda de peso e começaram a fazer exercícios diários e mudaram sua alimentação: trocaram os produtos ultraprocessados por produtos naturais, o refrigerante por água, o prato pronto congelado por refeições feitas na hora com produtos *in natura*, além de iniciar uma dieta controlada. Ainda que tenha sido uma transição difícil, em poucos meses já começaram a sentir diferenças.

Em dois anos, o casal estava saindo da condição de obesos para sobrepeso, e seus resultados de hemograma e de testes de aptidão física mostravam pessoas muito mais saudáveis. Portanto, começaram a investir novamente na gravidez.

Após se acostumarem com os novos hábitos, Julia e Paulo perceberam como havia sido difícil resistir a um estilo de vida sedentário com alimentos industrializados. Pensavam nos seus outros colegas que não conseguiam sair da obesidade por sua classe social não providenciar as mesmas oportunidades. Muitos não tinham dinheiro ou tempo para investir em uma alimentação saudável ou exercícios, seja pela renda disponível ou pelo local de moradia. Sem essas oportunidades, qual poder de escolha teriam?

Com isso em mente, o casal fundou uma ONG para ajudar as pessoas de baixa renda a terem condições e acesso a melhores hábitos e divulgar sobre a herança epigenética da obesidade. O projeto cresceu rapidamente e começou a dar diversos resultados importantes: 60% das pessoas atingidas pela ONG pararam de consumir produtos ultraprocessados e refrigerantes e 35% deixaram de frequentar redes de fastfood ou comer salgados de rua. Entretanto, mesmo com diversos financiamentos e apoios, o projeto continuava precisando de mais verba para crescer e atingir uma população maior.

Após uma matéria na internet sobre o sucesso da ONG viralizar em todo o país, diversas das grandes empresas alimentícias (como Coca-Cola, Nestlé e Unilever) entraram em contato com o casal para investir no projeto. Entretanto, para aceitar o financiamento, todas elas obrigavam a ONG a se comprometer a fazer propaganda e distribuir amostras grátis de produtos alimentares rotulados como saudáveis pelas próprias empresas. Ao analisar tais produtos, o casal percebeu que eles não eram diferentes dos produtos ultraprocessados e com altas taxas de açúcar e gordura que tanto alertavam à população. Sem saber o que decidir, Julia e Paulo recorreram, novamente, aos especialistas que os ajudaram.

Discuta em grupo e responda:

1. Como questões socioeconômicas influenciam na prevenção e tratamento da obesidade? Qual é o papel da política em providenciar igualdade de oportunidades para prevenir e tratar a obesidade?
2. De que forma o lobby das indústrias alimentícias influenciam a política e, conseqüentemente, as medidas de prevenção e tratamento da obesidade do país?
3. Em sua opinião, o casal deve aceitar o financiamento das grandes empresas alimentícias para auxiliar uma população maior, mesmo que para isso tenham que fazer propaganda e distribuir produtos que vão contra a ideia proposta pela ONG?
4. Como nós, como indivíduos parte de uma sociedade, podemos auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade, considerando: a) divulgação de informações; b) participação sociopolítica; c) pressão como consumidor e/ou cidadão; d) apoio emocional a obesos

Anexos:

Campanha Brasil Saudável e Sustentável

<http://mds.gov.br/assuntos/seguranca-alimentar/caisan/campanha-brasil-saudavel-e-sustentavel>

Pacto Nacional para Alimentação Saudável

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2015-2018/2015/Decreto/D8553.htm

Deserto Alimentar – Comida saudável mesmo é comida de verdade. Mas quem tem acesso a ela?

<https://tab.uol.com.br/deserto-comida#deserto-alimentar>

Apesar de lobby, nutricionistas lutam para promover alimentação adequada

<https://www.cartacapital.com.br/saude/apesar-de-lobby-nutricionistas-lutam-para-promover-alimentacao-adequada>

Coca-Cola e Pepsi pagam milhões para esconder seu vínculo com a obesidade

https://brasil.elpais.com/brasil/2016/10/07/ciencia/1475858935_672186.html

Enquanto brasileiros engordam, empresas faturam mais

<http://economia.estadao.com.br/blogs/radar-economico/hoje-obesos-os-pobres-engordam-o-lucro-das-empresas/>

Questões orientadoras:

1. A responsabilidade individual é suficiente para a prevenção e tratamento da obesidade? Quais outros fatores devem ser levados em consideração?
2. Quais as medidas de política pública brasileiras para a prevenção e tratamento da obesidade? Elas são colocadas em prática?
3. Essas medidas são suficientes para providenciar oportunidades de mudança de hábitos a todos que a buscarem?
4. Essas medidas se concentram mais em responsabilidade individual ou responsabilidade sociopolítica? Por quê?
5. Qual a importância de levar em consideração a herança epigenética da obesidade na elaboração de medidas políticas para sua prevenção e tratamento?
6. Quais outras formas de lobby e quais são suas consequências socioambientais?
7. O que é lobby e como ele se relaciona com as questões políticas e sociais da obesidade?
8. Qual sugestão você daria ao casal em relação à proposta de financiamento da ONG pelas grandes indústrias alimentícias?
9. Quais fatores sociais podem influenciar o acesso às oportunidades de mudança para hábitos mais saudáveis? Reflita tanto sobre o papel do acesso à informação, quanto ao acesso de bens públicos e privados.
10. Quais ações podem ser realizadas para auxiliar na prevenção e tratamento da obesidade? Reflita sobre divulgação de informações, participação sociopolítica, pressão como consumidor, apoio emocional a obesos, etc.

Caso 3

Meses depois, enfim, Julia recebeu a notícia de que estava grávida. Após uma luta árdua contra a obesidade, o casal conseguiu manter hábitos saudáveis – os quais agora já faziam parte de seu cotidiano. Por estarem em uma idade mais avançada, ficaram preocupados, mas tiveram monitoramento dos médicos e enfermeiros do posto de saúde ao longo da gravidez e todos os exames periódicos demonstravam criança sadia. Estavam felizes em saber que seu filho nasceria em um ambiente preocupado com uma alimentação saudável, com disponibilidade de produtos naturais, não industrializados, com pouca concentração de açúcar e outros ingredientes prejudiciais.

Além disso, a ONG havia crescido, mesmo sem a ajuda das grandes empresas alimentícias. Com o sucesso que ela alcançou após viralizar na internet, o projeto ganhou muitos apoios, tanto privados quanto governamentais, e agora havia triplicado sua abrangência e aumentado a porcentagem de pessoas saindo da condição de obesidade.

Ainda assim, percebiam que a herança epigenética ainda era ignorada como um fator envolvido na prevenção e tratamento da obesidade nas discussões sobre o tema em congressos e na elaboração de políticas públicas. Imaginavam que, se as consequências dos hábitos dos pais pudessem ser herdadas biologicamente, isso devia ser considerado um fator importante para a prevenção e tratamento da obesidade. Pior, percebiam que as poucas matérias que encontravam, apontavam os pais como culpados, sobrecarregando a responsabilidade individual, sem considerar todas as outras causas envolvidas na questão da obesidade. Ou seja, a epigenética era utilizada para reforçar a estigmatização de pessoas acima do peso e desviar a responsabilidade do governo para a prevenção e tratamento da obesidade, e não de forma crítica, compreendendo como desigualdades sociais e outros fatores podem contribuir para desenvolver políticas públicas eficazes para a resolução do problema.

Com essas questões em mente, Julia e Paulo resolveram abrir um novo projeto dentro de sua ONG. Além de informar e dar acesso a pessoas de baixa renda sobre hábitos saudáveis, o casal abriu um edital público para que a população possa participar no desenvolvimento de um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo a ‘herança epigenética da obesidade’ na prevenção e tratamento da obesidade.

Imagine que seu grupo queira participar da seleção do edital e desenvolver um projeto na ONG de Julia e Paulo:

1. Construa e desenvolva, em grupo, um projeto para uma ação sociopolítica envolvendo o tema, apontando o tipo de ação sociopolítica escolhida, seu objetivo, seu público alvo, bem como uma breve descrição de sua aplicação.
2. Após apresentação de seu projeto para turma, desenvolva-o em grupo e envie para o(a) professor(a) na data estabelecida.
3. Ao finalizar o projeto com os devidos refinamentos, aplique-o.

Questões orientadoras:

1. Como a herança epigenética se relaciona com os fatores sociais e políticos envolvidos na obesidade?
2. Quais ações sociopolíticas podem ser desenvolvidas sobre a herança epigenética da obesidade? Considere os exemplos dados em sala de aula.
3. A ação sociopolítica desenvolvida cumpre o objetivo estipulado e abarca o seu público-alvo?
4. Quais os alcances e limites da ação sociopolítica desenvolvida?

APÊNDICE E PROJETO DE AÇÃO SOCIOPOLÍTICA DO GRUPO 1

...nossas **práticas e alimentação** podem alterar características em nós que podem ser passadas através das gerações e **herdada por nossos filhos?!**

Não entendeu como? A gente te explica melhor!



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DISCIPLINA: GENÉTICA BÁSICA
DOCENTE: SUSIE VIEIRA
DOUTORANDO: BRUNO ALTHORFF
DISCENTES: ANA GABRIELLE COUTINHO, BÁRBARA SANDY, EMERSON CARVALHO, ESTEFANI, JOÃO PEDRO CERQUEIRA, LANNA DE OLIVEIRA, MURILO JOSÉ

Você sabia que...

Epigenética

A palavra do momento

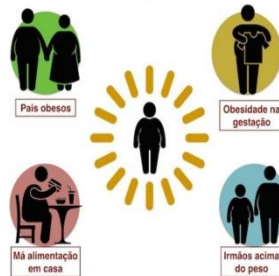
Uma área nova da genética chamada epigenética explica isso pra gente.

Marcções epigenéticas são compostos químicos que ficam ligados ao DNA e não alteram sua configuração.

E a preocupação em relação a isso está na capacidade que os marcadores têm de serem transmitidos, ou seja, podem ser herdadas!



SÓ NO BRASIL POR ANO SÃO REGISTRADOS 2 MILHÕES DE CASOS DE OBESIDADE EM TODAS AS FAIXAS ETÁRIAS



Esse problema pode ser transmitido às gerações futuras por maus hábitos alimentares e falta de atividades físicas.

Por isso práticas alimentares saudáveis e de exercícios físicos são importantes, e não apenas quando se pretende ter filhos, mas para a vida do indivíduo.

Mas será que a culpa é somente dos nossos pais?

Você bebe? Vive estressado? Já ouviu falar em epigenética? Não?! Pois devia! Ela é ramo da ciência que pretende mostrar que alguns hábitos podem causar distúrbios como a obesidade em nossos filhos. Ficou curioso?!

Para mais informações acesse nosso site:

www.epigeneticaeobesidade.com

ESQUELETO DO SITE DE EPIGENÉTICA

ABA 01: MAS O QUE É ESSA TAL DE EPIGENÉTICA?

A palavra epigenética vem do latim, onde “epi” significa “acima, perto, a seguir” e seu principal objeto de estudo é a alteração de funções dos genes, porém sem modificar a sequência de bases nitrogenadas do DNA. O efeito biológico consiste em mudanças químicas tanto nas moléculas de DNA quanto nas histonas. As mudanças provenientes destas alterações podem ser herdadas no momento da mitose (divisão celular) influenciando de maneira profunda e direta na biologia do organismo e refletindo no seu fenótipo.

“No DNA, ocorre a metilação, que é a adição de um grupo metila (-CH₃) ao nucleotídeo citosina; nas histonas, pode ocorrer tanto a metilação como a acetilação (-COCH₃) nos aminoácidos lisina e/ou arginina. A metilação do DNA, que geralmente ocorre em regiões que controlam a expressão gênica (denominadas de promotores), está relacionada à repressão gênica, ou seja, genes que estão marcados (metilados) para não codificarem (ou produzirem) proteínas. Já a acetilação das histonas está geralmente relacionada à ativação gênica.” (FANTAPPIÉ, 2013)

Referência da aba 01:

Disponível em: <http://www.revistacarbono.com/wp-content/uploads/2013/06/Marcelo-Fantappie-Epigen%C3%A9tica-e-Mem%C3%B3ria-Celular.pdf>

MARCELO FANTAPPIÉ, Ph.D., é Professor Associado da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Pesquisador do Laboratório de Helminologia e Entomologia Molecular do Instituto de Bioquímica Médica da UFRJ.

ABA 02: BREVE HISTÓRICO

- 1905: Wiliam Bateson (1861-1926), geneticista britânico, define genética como o termo relacionado à hereditariedade e variação dos organismos, baseado nos trabalhos de Gregor Mendel (1822-1884).
- 1942: Conrad Hal Waddington (1905-1975), o geneticista, biólogo e filósofo definiu "epigenética" como "o ramo da biologia que estuda as interações causais entre genes e seus produtos, que trazem o fenótipo a ser". Na época em que Waddington desenvolveu o termo paisagem epigenética (“epigenetic landscape”), a natureza física dos genes e seu papel na hereditariedade não era conhecido, foi utilizado como um modelo conceitual de como os genes podem interagir com o ambiente para produzir um fenótipo. Assim mostrou que as ideias de herança apresentadas por Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) poderiam, pelo menos em princípio, ocorrer.
- 1975: Robin Holliday, junto com seu discente John Pugh, e independentemente por Arthur Riggs, propuseram a seguinte definição: a metilação do DNA podia ser um mecanismo crucial para o controle da expressão gênica em organismos superiores.
- Atualmente: além da metilação de DNA, a modificação de histonas por acetilação ou metilação e os pequenos RNAs regulatórios são também considerados alterações epigenéticas.

Referência da aba 02:

Disponível em: < <http://biologiadoenvolvimento.blogspot.com/2011/07/breve-historico-da-epigenetica.html> >

Eduardo Bouth Sequerra: Formado pela UFRJ e possui doutorado pelo Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho.

ABA 03: POLÍTICAS PÚBLICAS

A lei Nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Desta forma mostrando que o Estado tem obrigação de zelar pela saúde da população.

Algumas ações podem/poderiam reduzir impactos negativos em relação a epigenética em indivíduos, principalmente contra a manifestação da obesidade. Algumas ações são listadas abaixo:

- Disponibilização de profissionais de saúde e áreas afins que estejam junto a população oferecendo assistência para a construção de um hábito de vida mais saudável. Como por exemplos: médicos (de diversas especialidades), educadores físicos, biomédicos, biólogos, nutricionistas e etc.
- Construção de praças poliesportivas bem estruturadas, seguras e de fácil acesso a população para que possam utilizar para se exercitar.
- Inserir nas escolas como conteúdo interdisciplinar a epigenética nas disciplinas de ciências, biologia e educação física, para que os alunos tomem conhecimento da importância do cuidado da saúde e como as marcações genéticas podem ser transmitidas aos seus filhos.
- Criação de um grupo de orientação aos pais que pretendem ter filhos para que eles possam se cuidar a fim de terem filhos saudáveis, e para que possam criar uma situação de bem-estar para suas próprias vidas.
- Incentivo a pequenos agricultores e microempresários produtores de produtos orgânicos para assim aumentar a disponibilidade de produtos essencialmente orgânicos implicando numa baixa do preço desses produtos, tornando-os mais acessíveis a população.

Referências da aba 03:

Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8080.htm >

As propostas de intervenção são provenientes das discussões feitas nas aulas de Genética Básica- A, propostas pelos próprios discentes com mediações dos docentes.

ABA 04: ESTÁ NA HORA DE MUDAR SEU HÁBITOS!

“Por muitos anos, considerou-se que os genes eram os únicos responsáveis por passar as características biológicas de uma geração à outra. Entretanto, esse conceito tem mudado e hoje os cientistas sabem que variações não-genéticas (ou epigenéticas) adquiridas durante a vida de um organismo podem frequentemente serem passadas aos seus descendentes. Existem evidências científicas mostrando que hábitos da vida e o ambiente social em que uma pessoa está inserida podem modificar o funcionamento de seus genes.” (FANTAPPIÉ,2013)

É necessário mudar nossos hábitos com urgência:

- Você tem mania de querer tudo pronto e de maneira mais prática então enche o armário de produtos industrializados? **COMECE A EVITAR AGORA!** Eles são ricos em carboidratos, gorduras, sódio, conservantes e outras coisas que podem prejudicar muito a nossa saúde.
- **AUMENTE** o consumo dos produtos “naturebas”, conhecidos como funcionais (verduras, legumes, cereais, leguminosas, oleaginosas, peixes e frutas), pois possuem muitas vitaminas, minerais e outros reguladores do funcionamento do nosso organismo.
- Produtos transgênicos, **NEM PENSAR!** Não se sabe ainda realmente o verdadeiro impacto desses produtos sobre nosso organismo
- **ABANDONE O SEDENTARISMO**, pratique exercícios físicos regularmente.
- **PROCURE** ajuda de profissionais. Eles possuem competência para auxiliar na mudança de estilo de vida.

Referências da aba 04:

Disponível em: < <http://www.nutricape.com.br/sobrepeso-e-obesidade-como-evitar/>>

Disponível em: < <http://www.revistacarbono.com/wp-content/uploads/2013/06/Marcelo-Fantappie-Epigen%C3%A9tica-e-Mem%C3%B3ria-Celular.pdf>>

Algumas das propostas de intervenção são provenientes das discussões feitas nas aulas de Genética Básica- A, propostas pelos próprios discentes com mediações dos docentes.

ABA 05: FIQUE LIGADO!

O que é obesidade?

A obesidade basicamente é o acúmulo excessivo de gordura no corpo, quando a ingestão de calorias supera o gasto energético. É considerada uma doença comum na população por conta do grande número anual de ocorrência.



Os pais podem influenciar na saúde dos filhos?

Alguns estudos apontam que pais obesos podem transmitir estas características aos seus filhos e que além disso a parte materna influencia de maneira mais intensa a expressão gênica da obesidade no filho. No entanto pesquisas ainda são realizadas em relação a isso.

O importante é que os pais possuam um planejamento familiar fundamentado na busca de uma vida saudável, assim evitando a manifestação de certas doenças em seus filhos

(Página em construção)

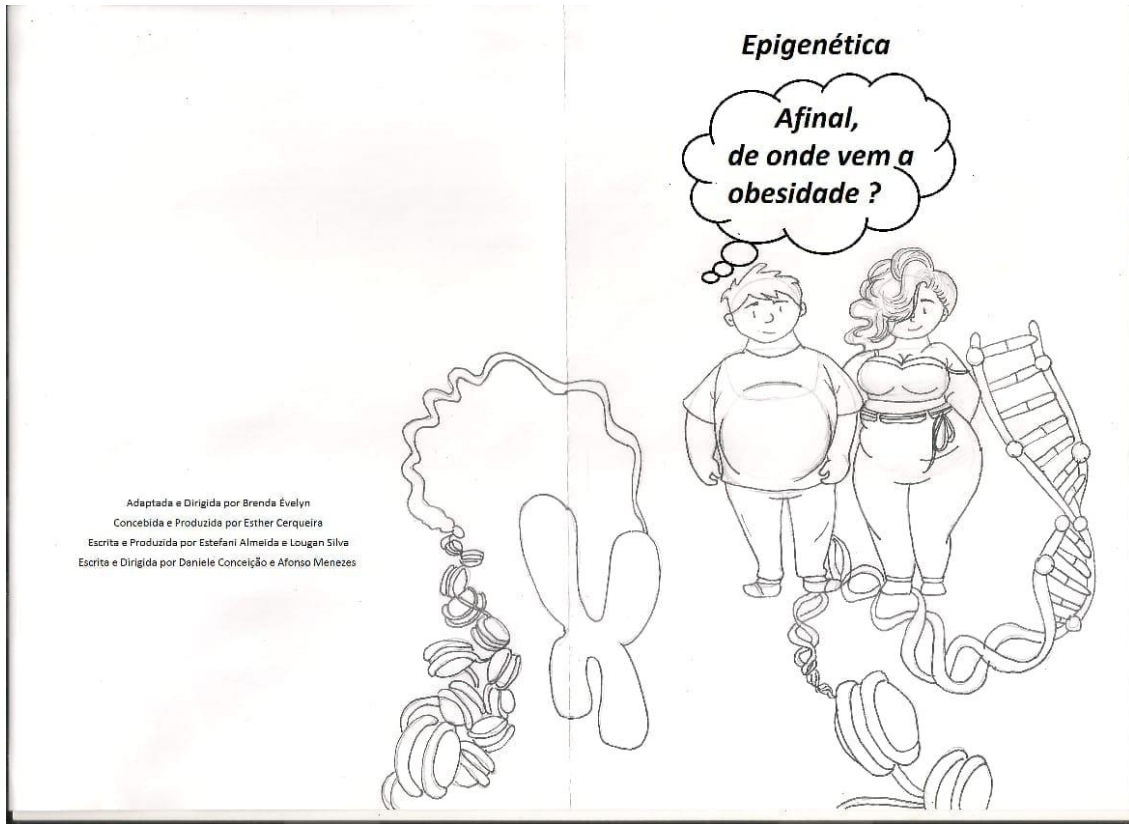
Referência da aba 05:

“Pais obesos levam a metabolismo alterado e obesidade em seus filhos na idade adulta: revisão de estudos experimentais e humanos”

(Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0021-75572017000600551&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

Disponível em: < <https://www.minhavidacom.br/saude/temas/obesidade> >

APÊNDICE F PROJETO DE AÇÃO SOCIOPOLÍTICA DO GRUPO 2



Panel 1: Julia e Paulo estavam tomando café da manhã, uma mesa repleta de doces, coisas gordurosas, hambúrguer, etc. Conversavam sobre o plano de ter filhos:

Panel 2: Então continuaram a tomar café e Paulo começou a ler as notícias na internet e logo se choca ao saber que as características adquiridas pelos pais ao longo da vida podem ser herdadas pelos filhos:

Panel 3: Amor, olha esse texto "A culpa é da sua mãe!" no site "Saúde Abril". Aqui diz que os maus hábitos da mãe podem ser herdadas pelos filhos e isso pode acarretar em problemas para a saúde deles...

Panel 4: Isso acontece porque, a depender do ambiente em que você vive, os hábitos que você tem pode resultar na expressão ou no silenciamento de um determinado gene e isso pode ser passado para o filho pela herança epigenética.

Panel 5: Paulo, já fazem dois meses que estamos pensando em ter filhos, será que já não é o momento?

Panel 6: Você tem razão, amor. Não vejo a hora de termos nosso filho(a).

Panel 7: Sério?! Como assim?

Panel 8: Epi o que?

Panel 9: epigenética são modificações no genoma que são herdadas pelas próximas gerações, Mas que não alteram a sequência do DNA. São variações não-genéticas adquiridas durante a vida que podem ser passada para as próximas gerações.

nossa, eu não fazia ideia disso!

leia esses textos para você entender melhor: "epigenética e memória celular" da revista carbono, e "o que é epigenética" no portal educação.

ok esposo, vou fazer isto!

você tem que parar de comer besteira e se alimentar bem, começar a fazer exercícios para entrar em forma, para poder ter nosso bebê e passar apenas informações boas para o gene do nosso filho e não o prejudicar.

Adriana confusa e triste se falou e começou a pesquisar mais sobre o assunto

A herança que herdamos de papai

César, você já leu este texto "A obesidade que herdamos de papai"? No site Brasil el país?

Não, o que diz lá?

como isso é possível? *vish!*

Ha! He! He! diferente do que você jogou em minha cara, não sou só eu que posso transmitir minhas características adquiridas ao longo da vida para nosso filho, você também pode fazer isso.

não sabia disso Adriana, me desculpe! Vamos procurar mais informações sobre isso

pelo seu espermatozoide, afinal ele também leva informações do seu organismo.

claro né?! Se a culpa fosse somente sua, porque eu mudaria minha alimentação?

Além disso César, fiquei analisando o que você me disse, e se a transmissão fosse só materna, você concordaria em deixar que somente eu mudasse meus hábitos?

sei bem, seríamos sempre as culpadas por qualquer problema que os filhos viessem a ter, inclusive vocês pais, iriam ser os primeiros a nos culpar.

você tem razão nisso me desculpe! Mas, você sabe que na sociedade em que vivemos se essa sua suposição fosse a realidade, as mulheres iam sofrer muito mais do que já sofrem.

realmente. Isso é bem típico da sociedade

pois é, mas como sabemos a responsabilidade é dos dois e precisamos evitar isto.

Então vamos adiar nosso plano de ter filhos, pelo menos até entendermos e resolvermos este assunto.

É o melhor a ser feito

Juntos César e Adriana buscaram mais informações sobre a epigenética, e como ela afetaria seu filho...

César, liguei para uma especialista no assunto e ela aceitou conversar conosco hoje a tarde

Então vamos aproveitar a folga e ir.

E então eles foram até a doutora Beatriz tirar algumas dúvidas:

olá, boa tarde! Em que posso ajudar?

Boa tarde doutora, estamos com vontade de ter filhos, porém ficamos sabendo sobre esse campo da epigenética, e estamos assustados e confusos com o que pode acontecer já que estamos obesos.

gostaríamos que o senhor nos explicasse um pouco melhor sobre ela

bem, a epigenética consiste na modificação da marcação dos genes sem envolver mudanças diretamente na sequência do DNA. E esta modificação pode ser transmitida para gerações futuras, mas não todas! É importante que saibam disso. Ou seja, a epigenética é responsável por modificações reversíveis da expressão dos genes e que podem ser herdáveis ou não.

nós lemos sobre isso, mas como a obesidade está relacionada a isso?

além do ganho de peso excessivo, uma dieta rica em açúcar e certos tipos de gorduras também tem a capacidade de alterar a expressão de alguns genes, os quais passam a exercer suas funções de forma diferente do normal. Isso pode modificar alguns mecanismos e pode ser transmitido para as duas próximas gerações, seus filhos e netos.

somente duas gerações? Porque?

como exatamente é transmitido?

vou explicar melhor, os fatores ambientais modificam nossos genes enviando sinais para o nosso DNA que os liga e desliga, e essas instruções são passadas para as gerações, a cada geração as chances dessa mudança passar diante de menos até o momento só foi observado em até duas gerações

nossa, nunca passou pela nossa cabeça que isso poderia ser possível.

Então se mudarmos nossos hábitos para uma vida completamente saudável nossos filhos não terão nenhum problema de saúde nem nossos netos?

Não é bem assim, uma vida saudável irá diminuir as possibilidades do surgimento de doenças mas, não é só esse fator que vai definir se a criança terá doenças futuras ou não pois, o meio também vai influenciar bastante na

Como assim?

cada um de nós tem uma vida com hábitos diferentes. Vivemos em meios diferentes, por exemplo, eu vivo em um local onde ver pessoas cuidando da saúde é frequente, então se eu tiver um filho e ele viver nesse meio provavelmente ele vai ter uma maior preocupação com a sua saúde, mas, se eu vivesse em um local onde tivesse uma grande quantidade de lanchonetes, Shopping, rodeado de pessoas com uma vida completamente sedentária meu filho iria viver naquele meio e ia ter os mesmos hábitos que eles, logo mesmo que transmitisse a ele "bons" genes vivendo nesse meio ele teria uma grande probabilidade de adquirir doenças.

Nossa, não tinha pensado nisso

eu não sabia que a epigenética era tão importante, e quase não é falada.

eu não sabia que a epigenética era tão importante, e quase não é falada.

nós, nossos filhos e nossos netos.

tudo isso através dos genes que carregam marcações epigenéticas. Leia este texto "epigenética: a culpa é dos seus pais" no site da revista Galileu

Por isso é importante nos lembrar que não é só o gene que vai determinar se nossos filhos serão doentes ou saudáveis.

verdade, tem que se ter cuidado com a alimentação, o modo de vida, ou seja, o meio em que está inserido.

exatamente! O que vai decidir se o gene vai ser expresso ou silenciado é o ambiente e isso conta bastante

claro! Do que adianta uma criança nascer com genes saudáveis e viver comendo açúcar, carboidratos, e nada de frutas e verduras?

Gene

ambiente

provavelmente terá obesidade ou diabetes

já se a criança tiver tendência a obesidade mas manter uma dieta saudável poderá fugir dela.

Percebo que vocês já conseguiram entender bem como funciona a epigenética

sim! muito obrigada pelos esclarecimentos.

Depois de muito conversar com a especialista, Cesar e Adriana decidiram que, não apenas para o bem deles, mais também de seus filhos e netos, a melhor coisa a se fazer é cuidar da saúde.

Então é isso Adriana. Para o bem de todos, vamos aos poucos dá adeus á essa vida prejudicial

Sim meu bem, é o que devemos fazer

Depois de uma luta árdua...

Para conseguir ter uma vida saudável

Cesar e Adriana finalmente realizaram seu desejo ...

Tiveram uma filha, Julia ...

Ao decorrer do tempo eles se deram conta de uma coisa.

O maior problema não era apenas a transmissão dos genes que propiciaria a obesidade e seus filhos.

... mas também o fato deles estar em um meio onde o sedentarismo e a má alimentação é um fato.

Como impedir que a influência ambiental interfira na saúde da nossa filha?

Frente a isso eles fizeram uma pergunta ...

FIM

APÊNDICE G

**INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DE AÇÃO SOCIOPOLÍTICA PARA
DISCENTES E DOCENTES**

Critério	Característica	Nota (0 a 10)
Apresentação geral da proposição de ação sociopolítica	Apresenta uma introdução fundamentada em conceitos e dados relacionados à temática sobre a qual se propõe agir.	
	Está bem justificada do ponto de vista social, científico, ético, político e ambiental.	
Relevância social da ação sociopolítica proposta	Apresenta relação evidente com questões de alterização negativas presentes na sociedade atual.	
	Apresenta compromisso com a promoção de mudança de valores, discursos e práticas que geram alterização negativa.	
Possibilidades de aplicação da ação sociopolítica proposta	É possível de aplicar nas condições sociais, econômicas e contextuais propostas.	
	Apresenta uma descrição compreensível e detalhada de aspectos metodológicos relacionados à ação (objetivo, público-alvo, etc.).	
NOTA FINAL		