



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**Instituto de Ciências Biológicas**

**Instituto de Química**

**Instituto de Física**

**Faculdade UnB Planaltina**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências**

**Mestrado profissional em Ensino de Ciências**

**ENTRE QUADRINHOS, TEORIAS E HISTÓRIAS: UMA  
PROPOSTA DE ABORDAGEM CONTEXTUAL NO ENSINO DA  
HERANÇA MENDELIANA**

**LUCAS FREITAS PEREIRA CARNEIRO**

Brasília - DF

2019



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**Instituto de Ciências Biológicas**

**Instituto de Química**

**Instituto de Física**

**Faculdade UnB Planaltina**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências**

**Mestrado profissional em Ensino de Ciências**

**ENTRE QUADRINHOS, TEORIAS E HISTÓRIAS: UMA  
PROPOSTA DE ABORDAGEM CONTEXTUAL NO ENSINO DA  
HERANÇA MENDELIANA**

**LUCAS FREITAS PEREIRA CARNEIRO**

Dissertação realizada sob orientação da Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau Guimarães e coorientação da Professora Doutora Jeane Cristina Gomes Rotta e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília - DF

2019

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Comunicamos a aprovação da Defesa de Dissertação do (a) aluno (a) Lucas Freitas Pereira Carneiro, matrícula nº 170090655, intitulada “***Entre quadrinhos, teorias e histórias: uma proposta de abordagem contextual no ensino da herança mendeliana***”, apresentada no (a) Auditório Azul do Instituto de Química (IQ) da Universidade de Brasília (UnB) em 1 de julho de 2019.

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria de Nazaré Klautau Guimarães

Presidente de Banca

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Luiza de Araújo Gastal

Membro Titular

Prof.<sup>a</sup> Dra. Silviene Fabiana de Oliveira

Membro Titular

Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Júlia Lemos Alves Pedreira

Membro Suplente

Em 1 de julho de 2019.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pois nele vivemos, nos movemos e existimos.

À minha esposa, Bárbara, que esteve ao meu lado em todos os momentos.

À minha mãe, que me amou e me deu todo suporte para chegar até aqui.

À minha orientadora, Maria de Nazaré, e à minha coorientadora, Jeane Cristina, que me auxiliaram com seus conhecimentos e parceria a imaginar e trilhar os caminhos desse trabalho.

Às professoras Maria Luiza, Silviene Oliveira e Ana Júlia que contribuíram grandemente para o enriquecimento desse trabalho.

Aos alunos participantes dessa pesquisa que proporcionaram ricos momentos de aprendizagem e crescimento pessoal.

Ao professor Ricardo Gauche pelas contribuições valiosas na elaboração desse trabalho.

Aos professores do PPGEC por todo o conhecimento compartilhado.

Agradeço a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

*“Então, pus-me a considerar, de mim para mim, que eu sou mais sábio do que esse homem, pois que, ao contrário, nenhum de nós sabe nada de belo e bom, mas aquele homem acredita saber alguma coisa, sem sabê-la, enquanto eu, como não sei nada, também estou certo de não saber. Parece, pois, que eu seja mais sábio do que ele, nisso - ainda que seja pouca coisa: não acredito saber aquilo que não sei”.*

(Sócrates)

## RESUMO

O ensino de ciências tem passado por uma crise que pode ser caracterizada pela dificuldade dos estudantes em compreenderem conceitos científicos, pelas imagens errôneas sobre o que é ciência e como são os cientistas apresentadas por estudantes e professores, assim como pela baixo índice de motivação e alto índice de evasão nos cursos de ciências. Nesse sentido, a reaproximação da História, Filosofia e Sociologia da Ciência ao ensino de ciências, nas chamadas abordagens contextuais, é apontada como benéfica para diminuir essa crise, visto que isso permite uma melhor compreensão de conceitos científicos e da natureza da ciência. O ensino de Genética não é uma exceção a esse problema apresentado, em especial no que diz respeito ao ensino de História da Genética. Além disso, é preciso superar o predomínio em sala de aula de abordagens que priorizem apenas a transmissão de conceitos de forma expositiva. Portanto, a dimensão da ludicidade pode ser considerada para criar um ambiente educacional motivador e promotor da aprendizagem, promovido pela inserção da linguagem artística por meios das histórias em quadrinhos (HQs). A partir dessa perspectiva, desenvolvemos uma sequência didática no contexto de formação de professores em uma disciplina optativa do curso de Licenciatura em Ciências Naturais da Faculdade UnB Planaltina (FUP) que visou realizar uma abordagem contextual sobre “História da Genética – herança mendeliana”, na qual alguns episódios históricos foram discutidos e serviram de base para reflexões sobre problemas históricos e filosóficos na ciência. Além disso, foram utilizadas HQs instigadoras, elaboradas por um dos autores desse trabalho, para nortear discussões sobre o tema, assim como os participantes da disciplina foram estimulados a criar suas próprias HQs para expor e discutir suas ideias. A partir da análise foi possível perceber que a sequência didática favoreceu a compreensão de temas de História da Genética e natureza da ciência por meio de atividades dinâmicas e participativas que favoreceram a ludicidade no ambiente educacional.

**Palavras-Chave:** Ensino de Genética; Abordagem Contextual; História, Filosofia e Sociologia da Ciência; Ludicidade; História em Quadrinho.

## ABSTRACT

Science education has undergone a crisis that is characterized by the student's difficulty in understanding scientific concepts, by the erroneous images about what is science and how are the scientists presented by students and teachers, as well as by the low index of motivation and high index of avoidance in science courses. In this sense, the rapprochement of History, Philosophy and Sociology of Science to science education in the so-called contextual approaches is indicated as something beneficial to reduce this crisis, since it allows a better understanding of scientific concepts and the nature of science. The Genetics teaching is no exception to this problem, especially regarding the teaching of the History of Genetics. In addition, it is necessary to overcome the predominance in the classroom of approaches that prioritize only the transmission of concepts in an expository way. The dimension of playfulness must be considered in order to create a motivating educational environment that promotes learning, which can be promoted by the insertion of the artistic language by comics. From this perspective, we developed a didactic sequence in the context of teacher training in an optional course of the Graduation in Natural Sciences of the UnB Planaltina College (FUP), which aimed to carry out a contextual approach on "History of Genetics - Mendelian inheritance " in which some historical episodes were discussed and served as the basis for reflections on historical and philosophical problems in science. In addition, instigating comics elaborated by the authors of this work were used to guide discussions about the theme, as well as the participants were encouraged to create their own comics to expose and discuss their ideas. The didactic sequence support the understanding of Genetics History and science nature through dynamic and participatory activities that support playfulness in the educational environment.

**Keywords:** Genetic Teaching; Contextual Approach; History, Philosophy and Sociology of Science; Playfulness; Comics.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - tirinha com caráter ilustrativo sobre o tema “fagocitose”.....	1
Figura 2 - tirinha com caráter explicativo sobre a centrifugação.....	2
Figura 3 - tirinha com caráter motivador sobre o tema “Leis de Newton”.....	3
Figura 4 - figura com caráter instigador sobre o tema “Mecânica”.....	4
Figura 5 - esquema de Sequência Didática.....	5
Figura 6 - HQ “Pai (s) da Genética?”.....	6
Figura 7 - HQ “Como é a ciência afinal?”.....	7
Figura 8 - HQ1 produzida por participantes.....	8
Figura 9 - HQ2 produzida por participantes.....	9
Figura 10 - HQ3 produzida por participantes.....	10
Figura 11 - HQ4 produzida por participantes.....	11
Figura 12 - HQ5 produzida por participantes.....	12
Figura 13 - HQ6 produzida por participantes.....	13
Figura 14 - HQ7 produzida por participantes.....	14
Figura 15 - HQ “Um mito chamado Mendel”.....	15
Figura 16 - HQ8 produzida por participantes.....	16
Figura 17 - HQ9 produzida por participantes.....	17
Figura 18 - HQ10 produzida por participantes.....	18
Figura 19 - HQ11 produzida por participantes.....	19
Figura 20 - HQ12 produzida por participantes.....	20
Figura 21 - HQ “Mendel mendelista ou biometricista?”.....	21
Figura 22 - HQ13 produzida por participantes.....	22
Figura 23 - HQ14 produzida por participantes.....	23
Figura 24 - HQ15 produzida por participantes.....	24
Figura 25 - HQ16 produzida por participantes.....	25
Figura 26 - HQ17 produzida por participantes.....	26
Figura 27 - HQ18 produzida por participantes.....	27
Figura 28 - HQ19 produzida por participantes.....	28

## LISTA DE QUADROS E GRÁFICOS

Quadro 1 – Descrição dos Módulos/Momentos, temáticas, objetivos, estratégias e tempos/formas da SD.....	72
Quadro 2 – categorias e respectivas sentenças respondidas pelos participantes sobre “o que é ciência” .....	78
Quadro 3 – categorias e respectivas sentenças respondidas pelos participantes sobre “como ocorre a construção do conhecimento científico”.....	82
Gráfico 1 – frequência de termos ou expressões sobre Gregor Mendel citados pelos participantes.....	84

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1. Tendência de Reaproximação: histórico das abordagens contextuais no ensino de ciência.....	15
2.2. Contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência para o ensino de ciências.....	27
2.3. O que seria uma visão adequada da ciência?.....	29
2.4. O que seria uma visão adequada da História da Ciência?.....	35
2.5. Como inserir História, Filosofia e Sociologia da Ciência nas aulas de ciência?.....	42
2.6. Abordagem contextual, ludicidade e histórias em quadrinhos.....	50
2.7. História, filosofia e Sociologia da Ciência: o caso da Biologia.....	56
2.7.1. História da Genética: o caso da herança mendeliana.....	57
3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS.....	66
3.1. Caracterização da pesquisa.....	66
3.2. Contexto da pesquisa.....	66
3.2.1. Público-alvo.....	66
3.2.2. Sequência didática.....	67
3.2.3. Construção de dados.....	69
3.2.4. Análise de dados.....	70
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.1. Construção da sequência didática.....	71
4.2. Módulo Inicial.....	74
4.2.1. Momento 1.....	74
4.2.2. Momento 2.....	74
4.2.3. Momento 3.....	87

4.3. Módulo 1.....	88
4.3.1. Momento 4.....	88
4.3.2. Momentos 5-6.....	99
4.4. Módulo 2.....	112
4.4.1. Momento 7.....	112
4.4.2. Momentos 8-9.....	117
4.5. Módulo 3.....	123
4.5.1. Momento 10.....	123
4.5.2. Momento 11-12.....	127
4.6. Produção final/Momento 13.....	138
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	144
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	149
APÊNDICES.....	160
Apêndice 1.....	160
Apêndice 2.....	161
Apêndice 3.....	163
Apêndice 4.....	165
Apêndice 5 – Proposição.....	167

## 1. INTRODUÇÃO

Durante toda a minha graduação e, em especial, durante o período de elaboração do meu Trabalho de Conclusão de Curso, fui levado a refletir acerca do tema ensino de ciências. Entretanto, um aspecto me inquietava: a maioria das discussões, textos e debates com que tive contato pareciam ignorar uma questão que me parecia central para compreender o ensino de ciências, que é “o que é ciência afinal?”<sup>1</sup>. Se devemos refletir sobre o ensino de algo, pensava eu, é essencial dedicar esforços em compreender o que é esse algo. Neste sentido, compreender o que é ciência é pressuposto essencial para se refletir sobre seu ensino.

Essa inquietação me motivou a buscar autores que refletissem sobre essa problemática. Tal busca me levou a nomes como os de Karl Popper, Thomas Kuhn, Carl Hempel, Alan Chalmers, Paul Feyerabend, Susan Haack, dentre outros, os quais me fizeram perceber que a compreensão da questão “o que é ciência afinal?” envolvia não apenas conhecimentos sobre conceitos científicos, mas também uma enorme gama de saberes na área da Filosofia, História e Sociologia da Ciência. Além disso, pude perceber que essas discussões encontravam pouco ou nenhum espaço nos ambientes educacionais que eu vivenciava, tanto no nível da Educação Básica quanto no nível da Educação Superior.

Vários autores identificam que houve uma crescente dissociação entre o ensino de ciências e a História, Filosofia e a Sociologia da Ciência, além de indicar que esta dissociação pode estar ligada à notável crise no ensino de ciências, que se caracteriza pela dificuldade dos estudantes em compreender conceitos científicos, pelas imagens errôneas sobre o que é a ciência e como são os cientistas apresentadas por estudantes e professores, assim como pela baixa motivação e alto índice de evasão nos cursos de ciências (ABRANTES, 2012; FREIRE JR., 2012; ORTIZ; SILVA, 2016; MATTHEWS, 1995).

Neste sentido, a reaproximação da História, Filosofia e Sociologia da Ciência ao ensino de ciências pode trazer vários benefícios, entre eles a melhor formação de professores, uma compreensão mais adequada sobre o que é ciência, o ensino de ciências

---

<sup>1</sup> Essa questão é título de um livro de A. F. Chalmers (CHALMERS, 1993) e foi uma das referências utilizadas para a elaboração deste trabalho.

e sobre conceitos científicos, dentre outros aspectos. As aulas de ciências podem ser enriquecidas com abordagens contextuais, isto é, com aulas que não apenas apresentem aos estudantes conceitos científicos isolados, mas que tragam também algo sobre suas histórias, desenvolvimentos e contextos socioculturais nos quais foram construídos (MATTHEWS, 1995).

Matthews (1994, 1995) defende que é essencial que os professores de ciências tenham formação em História, Filosofia e Sociologia da Ciência para que possam abordar de forma adequada sobre a natureza da ciência e conceitos científicos em sala de aula. Dessa forma, é essencial, de acordo com o autor, que os cursos de formação de professores de ciências possuam uma abordagem contextual para que os professores sejam capazes de levar essa perspectiva para seus contextos educacionais. Essa abordagem visa que a aprendizagem “das ciências” seja acompanhada de uma aprendizagem “sobre ciências”. Portanto, os conceitos científicos não são ensinados isoladamente do contexto social de sua criação, da história de seu desenvolvimento, das implicações teóricas e sociais desse conhecimento; bem como, dos processos que envolveram o trabalho dos cientistas.

Entretanto, é necessário refletir sobre como inserir abordagens históricas. A perspectiva chamada de ensino tradicional ou abordagem pedagógica conteudista transmissional (D'ÁVILA, 2014) tem sido predominante em sala de aula, se caracterizando pela passividade do estudante no processo de ensino-aprendizagem, o qual apenas deve apreender os conceitos apresentados de forma expositiva e acabada pelos professores, reproduzindo-os nas avaliações. Predomina, assim, o chamado conteudismo, isto é, há uma primazia dos conceitos isolados de seus contextos históricos e filosóficos e em grandes quantidades, o que é contrário à abordagem contextual, que propõe uma visão mais ampla dos conceitos científicos.

A ludicidade é muitas vezes ausente em sala de aula, se ignorando seu potencial motivador e promotor de uma aprendizagem mais ampla haja vista que considera não apenas os aspectos mentais como no ensino tradicional, mas também considera como essenciais os aspectos emocionais e corpóreos dos estudantes. Neste sentido, a linguagem artística pode enriquecer o ensino de ciências, pois favorece o surgimento da ludicidade em sala de aula. Dentre as várias atividades lúdicas possíveis, as histórias em quadrinhos

(HQs) são apontadas por vários autores como atividades lúdicas favoráveis ao processo de ensino-aprendizagem (ARAÚJO et al., 2008; BANTI, 2012; CARUSO; SILVEIRA, 2009; COSTA et al., 2006; EDSON; COSTA, 2015; OLIVEIRA; FRANCO, 2015; PEDREIRA, 2014; PIZARRO, 2009).

Vários campos de estudo podem ser beneficiados com abordagens contextuais. Neste trabalho, focamos na área de Biologia e, em particular, no Ensino de Genética. Dentre os vários temas relacionados à Genética que necessitam de uma compreensão histórica e filosófica para a formação de uma visão mais coerente (como o problema do reducionismo e o conceito de gene, por exemplo), destacamos a “História da Genética – herança mendeliana”, pois este tema está relacionados a presença de mitos históricos, deformações de conceitos científicos, assim como problemas acerca da imagem da ciência e de cientistas dos estudantes e professores, questões estas que muitas vezes não encontram uma abordagem adequada em sala de aula.

Diante dessa situação, este trabalho propõe analisar a seguinte questão: o processo de ensino-aprendizagem de “História da Genética – herança mendeliana” por meio de uma abordagem contextual que considere a ludicidade pode auxiliar os estudantes da Educação Superior a desenvolver uma melhor compreensão acerca da natureza da ciência, dos conceitos científicos envolvidos e de suas implicações para a sociedade, assim como da evolução do conhecimento científico na área da Genética? A partir deste problema, elencamos os seguintes objetivos:

- (I) Elaborar uma sequência didática (SD) sobre o tema “História da Genética - herança mendeliana” com abordagem contextual para a Educação Superior tendo como recurso didático central as HQs, buscando promover a ludicidade, reflexão, discussão e construção das ideias sobre o tema.
- (II) Propor a SD no contexto do curso de Licenciatura em Ciências Naturais na Faculdade UnB Planaltina (FUP) e avaliar os resultados dessa experiência.
- (III) Elaborar, como proposição final, uma SD que sirva como material de referência para professores que desejam inserir, em seu contexto educacional, atividades com abordagem contextual, considerando a ludicidade por meio da inserção de HQs.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Tendência de Reaproximação: histórico das abordagens contextuais no ensino de ciência

Ao longo de vários séculos, a ciência e a Filosofia realizaram um intenso intercâmbio de ideias, problemas e conflitos, sendo amplamente reconhecido que suas histórias, mesmo sendo atualmente reconhecidas como distintas, sempre se superpõem e, em certos momentos históricos, até mesmo se confundem (ABRANTES, 2002). Como afirma Abrantes (2002, p. 81):

As origens da ciência e da filosofia, na Grécia antiga, são comuns. Com os chamados *physiólogoi*, a partir do séc. VI a.C. começaram a surgir manifestações claras de um novo conjunto de exigências – racionais, naturalistas, etc.- que se afirmam gradualmente na prática filosófica, no discurso cosmológico da natureza (*physis*), vista agora como um *kosmos*, marcando uma ruptura do discurso mítico. Pode-se defender que tais exigências também viriam a caracterizar a prática e o discurso científicos.

Entretanto, Abrantes (2002) destaca que, apesar da estreita relação entre as Ciências da Natureza e a Filosofia ter se mantido até o século XVIII, houve também uma crescente autonomização de certos campos do saber científico que implicaram um distanciamento com a Filosofia, como no caso da Astronomia do período helenístico que se afastou das preocupações cosmológicas das Filosofias platônicas e aristotélicas.

O famoso físico Albert Einstein (2006, p. 9), ao analisar a relação entre os físicos de seu tempo e a Filosofia, afirmou o seguinte:

Foi dito frequentemente e com certeza não sem razão que o cientista seria um mau filósofo. Por que não haveria então de ser o mais correto também para o físico deixar o filosofar para os filósofos? Isto talvez se aplique em épocas nas quais os físicos crêem possuir um sólido e inquestionável sistema de conceitos e leis fundamentais, mas não nos dias atuais, quando os fundamentos da Física como um todo se tornaram problemáticos.

Dois aspectos levantados por Einstein são importantes nessa discussão: que havia um reconhecido distanciamento dos cientistas em relação à Filosofia a ponto de os

mesmos serem chamados de maus filósofos e a crença de que os recentes problemas da Física necessitavam de conhecimento filosófico para serem compreendidos.

A crescente dissociação entre ciência e Filosofia e a desconsideração pela história dessas áreas do conhecimento também se refletiram no ensino de ciências, como relatou Duschl (1994) em seu ensaio denominado *Science Education and Philosophy of science: twenty-five years of mutually exclusive development*. Vários fatores podem estar relacionados a esse distanciamento, como a influência da psicologia behaviorista na educação e a ênfase especialista-teorética-disciplinar presente em reformas do ensino de ciências nos Estados Unidos (FREIRE JR., 2002).

Juntamente com essa dissociação, há uma crise amplamente documentada do ensino contemporâneo de ciências que tem como sintomas um grande índice de analfabetismo científico e altas taxas de evasão de estudantes e professores das salas de aula, indicando que o ensino tradicional de ciências não tem satisfeito as necessidades educacionais apontadas por aqueles que estão envolvidos com o ensino de ciências (MATTHEWS, 1995; ORTIZ; SILVA, 2016).

Segundo Freire Jr. (2002, p.16):

Desde meados dos anos 80, nos Estados Unidos, cunhou-se a expressão crise da “Science literacy” para dar conta de um novo conceito – a alfabetização científica necessária ao exercício da cidadania nas sociedades contemporâneas – e da incapacidade do sistema escolar para cumprir regularmente tal tarefa.

Matthews (1995), neste sentido, afirma que há um “mar de falta de significação” nas salas de aula de ciências onde fórmulas e equações são “recitadas” pelos professores aos estudantes de forma totalmente descontextualizada, levando muitos estudantes a saírem da escola sem sequer saber o que significam.

Scheid, Ferrari e Delizoicov (2007, p. 168) reforçam essa perspectiva ao afirmar que:

O ensino de ciências, na maioria das vezes se restringe unicamente aos conteúdos científicos, desenvolvendo nos estudantes a concepção de que a ciência é apenas um corpo organizado de conhecimentos, ignorando que por detrás dos conhecimentos existe um processo dinâmico de construção que é influenciado por vários fatores.

Além disso, os autores destacam que os cursos de formação de professores raramente fornecem uma base epistemológica que proporcione reflexões e discussões sobre a natureza da ciência (SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2007).

Zômpero, Arruda e Garcia (2005) afirmam que, ao apresentar um conteúdo científico, o professor pode transmitir ao estudante, de maneira implícita, ideias sobre o que é ciência, como ela é produzida, quais valores a norteiam e também uma imagem do cientista. É possível, portanto, que a preferência dos conteúdos científicos isolados em detrimento de uma abordagem que considere seu contexto histórico e filosófico no ensino de ciências no nível básico esteja diretamente relacionada com a constante ausência de uma reflexão mais aprofundada sobre História, Filosofia e Sociologia da Ciência nos cursos de formação de professores.

Matthews (1995) reforça este ponto ao afirmar que a formação da visão epistemológica do professor é realizada de forma assistemática a partir da leitura de livros-texto e, por isso, consiste de preconceitos generalizados que não são abalados pela informação histórica ou pela análise filosófica.

Estudos apontam que muitos estudantes desde o ensino fundamental até o ensino superior apresentam concepções inadequadas sobre a natureza da ciência, assim como uma visão estereotipada do cientista e de seu trabalho (EL-HANI; TAVARES; ROCHA, 2004; MELO; ROTTA, 2010; PEREIRA; LIMA; ALMEIDA, 2014; PUJALTE et al., 2010; SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2007; SCHEID; PERSICH; KRAUSE., 2009; ZÔMPERO; ARRUDA; GARCIA, 2005). Acerca dessa problemática, Melo e Rotta (2010, p. 7) indicam que:

A partir da imagem de cientista generalizada, percebe-se uma grande necessidade de incluir no contexto escolar a história e filosofia da ciência durante as aulas, para que haja uma maior aproximação entre os estudantes e a ciência, pois isso auxilia na formulação melhor estruturada do que é um cientista e do que ele faz, identificando características gerais do trabalho científico e particularidades da personalidade humana, mas que não necessariamente são características fixas de todos os cientistas.

Em consonância com essas ideias, Carneiro e Gastal (2005) afirmam que há um aparente consenso entre pesquisadores na área de ensino de ciências de que a inserção de

componentes da História e Filosofia da Ciência nos currículos escolares e em cursos de formação de professores é algo positivo.

Esse consenso atual ocorreu devido a um relativamente recente processo de reaproximação entre essas áreas e o ensino de ciências que, segundo Matthews (1995), foi iniciado em meados dos anos de 1980. Nesse período foram elaboradas as chamadas abordagens contextuais do ensino de ciências, que visam que a aprendizagem “das ciências” seja acompanhada de uma aprendizagem “sobre ciências”, ou seja, que não se ensine apenas conceitos científicos isolados, mas também algo sobre o contexto mais amplo de sua criação, a história de seu desenvolvimento, as implicações teóricas e sociais desse conhecimento, além dos processos que envolvem o trabalho dos cientistas.

Prestes e Caldeira (2009, p.2), acerca dessa tendência, afirmam que:

A partir da década de 1970, aumentou significativamente o interesse pelo *ensino contextual das ciências* tanto no Ensino Básico, quanto no Ensino Superior. Trata-se de uma tendência que explora as componentes históricas, filosóficas, sociais e culturais da ciência por meio de enfoques e abordagens variadas, na tentativa de promover uma formação que supere a demarcação entre o ensino de conteúdos científicos e o contexto de produção.

Essa perspectiva ecoa as abordagens do físico e filósofo austríaco Ernst Mach (1838-1916), do biólogo alemão Ernst Mayr (1904-2005), dos educadores norte-americanos John Dewey (1859-1952), James Conant (1893-1978) e Gerald Holton (1922), assim como as intenções já expressas ainda no ano de 1855 durante um pronunciamento do Duque de Argyll à Associação Britânica para o Progresso da Ciência, ao afirmar que “aquilo que desejamos no processo de educação dos jovens, não é a mera obtenção de resultados, mas dos métodos e, sobretudo, da história da Ciência” (JENKINS, 1989, p.19 apud MATTHEWS, 1995, p. 169).

Um dos sinais dessa tendência de reaproximação foi a crescente realização de conferências acerca da aproximação entre História, Filosofia e Sociologia das Ciências e o ensino de ciências. Matthews (1995) destaca a primeira conferência internacional sobre “História, Filosofia, Sociologia e o Ensino de Ciências” na Universidade Estadual da Flórida (1989), a série de conferências patrocinadas pela Sociedade Europeia de Física sobre “História da Física e o seu ensino” em Pávia (1983), Munique (1986), Paris (1988)

e Cambridge (1990). Assim como a conferência sobre “História da ciência e o ensino de ciências” em Oxford (1987). Carvalho e Vannucchi (1996) destacam o V RELAEF – Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física – como um evento de discussão sobre as novas tendências da abordagem contextual na América Latina.

Outra iniciativa em uma perspectiva de abordagem contextual foi o denominado “Projeto Harvard de Ensino de Física”, coordenado por F.J. Rutherford, F. Watson e G. Holton (ABRANTES, 2002). Holton, em referência a sua experiência com esse projeto, afirmou que ser um cientista que teve que ministrar um curso de Educação Geral de Harvard com enfoque contextual foi uma experiência transformadora (MATTHEWS, 1995). Acerca do “Projeto Harvard”, Matthews (1995, p. 171) afirma que:

O Projeto de Física de Harvard, que em seu auge atingiu 15% dos alunos de 1º e 2º graus nos Estados Unidos, foi o currículo escolar de ciências fundamentado em princípios históricos e preocupado com as dimensões cultural e filosófica da ciência mais amplamente utilizado. Seu sucesso em evitar a evasão dos estudantes, atrair mulheres para os cursos de ciências, desenvolver a habilidade do raciocínio crítico e elevar a média de acertos alcançada em avaliações forneceu evidências suficientes para os que, hoje, advogam a favor da HFS [História, Filosofia e Sociologia da Ciência].

Matthews (1995) afirma que, dentre vários elementos que indicam essa tendência de reaproximação, o mais importante foi a incorporação de componentes de História e Filosofia da Ciência em vários currículos nacionais. Isso ocorreu não apenas como uma mera inclusão dessas temáticas no currículo que, aliás, já incluíam um item comumente denominado “a natureza da ciência”, mas sim como uma incorporação mais abrangente de temas de História, Filosofia e Sociologia englobando toda a abordagem destes programas e currículos.

Alguns exemplos dessa tendência puderam ser identificados, segundo Matthews (1995), no País de Gales, na Inglaterra, no currículo escolar dinamarquês, nos currículos do PLON na Holanda e nas recomendações do “Projeto 2061” nos Estados Unidos. Destaca-se a indicação da “Associação Britânica para o Ensino da Ciência” (BAAS) em alguns de seus relatórios (como “Alternativas para o ensino de Ciências” de 1979 e “Educação via ciências” de 1981) acerca da necessidade de inclusão de materiais mais

históricos e filosóficos ao currículo de ciências para impedir o afastamento dos estudos literários das Ciências (MATTHEWS, 1995).

O parlamento dinamarquês realizou no ano de 1987 uma grande reforma no sistema de Ensino Básico, se caracterizando pela redução de fatos e conceitos de Física no currículo e inserção das seguintes abordagens: A Física e o mundo a sua volta; cosmovisão dos físicos; exemplo da moderna Tecnologia; relações entre Física, Tecnologia e Sociedade; História e Filosofia da Física (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005)

O “Conselho Britânico de Currículo Nacional” (NCC), acompanhando essa tendência, afirmou que os estudantes devem ser capazes de distinguir entre asserções e argumentos científicos e os que não são, estudar controvérsias e mudanças no pensamento científico, além de compreender o contexto moral, espiritual, cultural e histórico de determinadas teorias científicas (NCC, 1988, apud MATTHEWS, 1995).

No ano de 1985, a “Associação Americana para o Progresso da Ciência” (AAAS) lançou o “Projeto 2061”, um estudo que visava revisar todo o ensino de ciências nas escolas e que, apesar de não ter relação direta com o NCC, apresentava ideias semelhantes em relação a necessidade de uma abordagem que considerasse as dimensões históricas e filosóficas para satisfazer a necessidade de que os cursos de ciências fossem mais contextualizados (MATTHEWS, 1995). Vale ressaltar que o “Projeto 2061” contou com a direção de F.J. Rutherford, um dos coordenadores do já citado “Projeto Harvard de Ensino de Física” (MATTHEWS, 1995).

Como consequência dos debates acerca do “Projeto 2061”, foi publicado o relatório denominado “Ciência para todos os Americanos” contendo recomendações do “Conselho Nacional de Educação em Ciências e Tecnologia” para os cursos de primeiro e segundo graus, tais como o desenvolvimento e discussão nos cursos de ciência acerca de temas como: objetividade e mutabilidade da ciência; distinção entre ciência e pseudociência; provas científicas e justificação de teorias; método científico; explicação e predição; ética, política social e organização social da ciência, dentre outros (MATTHEWS, 1995). É importante ressaltar que a inclusão desses tópicos não é, segundo Matthews (1995), uma promoção da substituição dos conteúdos das disciplinas por temáticas de História, Filosofia e Sociologia da Ciência, mas sim uma complementação a estes.

Além dos fatores já citados, o aparecimento de revistas científicas especializadas na área História e Filosofia da Ciência no ensino de ciências como o periódico “*Science & Education: Contributions from History, Philosophy and Sociology of Science and Mathematics*”, a revista “*Teaching the History of Science*” e a revista “*Perspicillum*” também são indicadores do impacto do desenvolvimento das ideias de abordagem contextual (CARVALHO; VANUCHI, 1996; KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

No contexto brasileiro, há poucos indícios expressivos que indicam a abordagem contextual do ensino de ciências na legislação referente a educação anteriores à “Lei nº. 9.394/96” (LDB) que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Kapitango-a-Samba (2005, p. 41) afirma, acerca desta questão, que:

A partir da Lei 9.394/96 nota-se uma certa reorientação para a compreensão do conhecimento científico-tecnológico como portador de uma história de processos complexos que envolvem sua construção/produção – embora isso não esteja expressamente claro na nova LDBEN, entretanto, os instrumentos posteriores a ela contêm evidências [...].

A seção IV – Do Ensino Médio presente na LDB evidencia a importância de uma abordagem contextual do ensino de ciências em seu artigo 36, inciso I, ao apresentar que:

Art. 36. O currículo do ensino médio observará o disposto na Seção I deste Capítulo e as seguintes diretrizes:

I – destacará a educação tecnológica básica, a compreensão do significado da ciência, das letras e das artes; o processo histórico de transformação da sociedade e da cultura; a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania. (BRASIL, 1996).

A diretriz “compreensão do significado da ciência” expressa no artigo só é possível de ser alcançada tendo a disposição conhecimentos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência nas disciplinas científicas do Ensino Médio. Neste sentido, a LDB indicava a necessidade de incluir esses elementos na elaboração dos currículos de ciência no Brasil.

Vale ressaltar, entretanto, que este artigo foi alterado pela “Medida Provisória nº 746/16” e também pela “Lei nº 13.415/17” e, até a finalização deste trabalho, não há mais menção a “compreensão do significado da ciência” como diretriz explícita a ser observada no Ensino Médio no texto atualizado da LDB.

Kapitango-a-Samba (2005) destaca que os instrumentos normativos posteriores à LDB trazem a compreensão de que a História, Filosofia e a Sociologia são elementos essenciais e enriquecedores ao ensino de ciências. Este tratamento é encontrado, por exemplo, no “Parecer CNR/CES 1.303/2001” – que regulamenta as diretrizes curriculares para os cursos de química -, no “Parecer CNE/CES 1.301/2001” – que regulamenta os cursos de Ciências Biológicas -, no “Parecer CNE/CES 1304/2001” – que regulamenta as diretrizes curriculares dos cursos de Física - e no “Parecer CNE/CES 1.302/2001” – que regulamenta as diretrizes curriculares nacionais dos cursos de matemática (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

A “Resolução CEB nº 3/1998”, que institui as “Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio”, traz, em seu artigo 4º, inciso III, o seguinte texto:

Art. 4º As propostas pedagógicas das escolas e os currículos constantes dessas propostas incluirão competências básicas, conteúdos e formas de tratamento dos conteúdos, previstas pelas finalidades do ensino médio estabelecidas pela lei:

[...]

III - compreensão do significado das ciências, das letras e das artes e do processo de transformação da sociedade e da cultura, em especial as do Brasil, de modo a possuir as competências e habilidades necessárias ao exercício da cidadania e do trabalho; (BRASIL, 1998).

De forma semelhante ao disposto na LDB, é notório que a finalidade “compreensão do significado das ciências” só pode ser alcançada se o estudante tiver contato em alguma medida com conteúdos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência.

Essa necessidade levantada pela “Resolução CEB nº 3/1998” fica ainda mais explícita no artigo 10, inciso II, onde é afirmado que:

Art. 10 A base nacional comum dos currículos do ensino médio será organizada em áreas de conhecimento, a saber:

[...]

II - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, objetivando a constituição de habilidades e competências que permitam ao educando:

a) Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de

paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade. (BRASIL, 1998).

A redação deste trecho evoca a vários conceitos próprios do estudo Histórico, Filosófico e Sociológico da Ciência, como as ideias de “ciências como construção humana” e “paradigma”, os quais devem ser compreendidos pelos estudantes do Ensino Médio para o alcance desse objetivo.

Os “Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais” (PCN) trazem reflexões que apontam para uma abordagem contextual do ensino de ciências, como é possível observar no seguinte trecho:

A história das Ciências também é fonte importante de conhecimentos na área. A história das ideias científicas e a história das relações do ser humano com seu corpo, com os ambientes e com os recursos naturais devem ter lugar no ensino, para que se possa construir com os alunos uma concepção interativa de Ciência e Tecnologia não-neutras, contextualizada nas relações entre as sociedades humanas e a natureza. A dimensão histórica pode ser introduzida nas séries iniciais na forma de história dos ambientes e das invenções. Também é possível o professor versar sobre a história das ideias científicas, conteúdo que passa a ser abordado com mais profundidade nas séries finais do ensino fundamental. (BRASIL, 1997, p. 27).

Esse documento também afirma que os estudantes do Ensino Fundamental devem, ao final do curso, ser capazes de “identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, no mundo de hoje e em sua evolução histórica” (BRASIL, 1997, p. 31), objetivos que necessitam da compreensão mínima de elementos da História, Filosofia e Sociologia da Ciência.

Os “Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio” (PCN+) acompanham essas recomendações e trazem comentários como o seguinte:

Elementos da história e da filosofia da Biologia tornam possível aos alunos a compreensão de que há uma ampla rede de relações entre a produção científica e o contexto social, econômico e político. É possível verificar que a formulação, o sucesso ou o fracasso das diferentes teorias científicas estão a seu momento histórico. (BRASIL, 2000, p. 14).

Há a clara expectativa de que os estudantes do Ensino Médio tenham alguma compreensão sobre História, Filosofia e Sociologia da Ciência, dada a indicação de que eles devem ser capazes de, ao final do curso, “reconhecer a biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos” (BRASIL, 2000, p. 21), “reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, político e econômico” (BRASIL, 2000, p. 29) e “reconhecer as relações entre o desenvolvimento científico e tecnológico da Química e aspectos sócio-político-culturais” (BRASIL, 2000, p. 39).

Se há a expectativa que os estudantes da Educação Básica no Brasil compreendam algo sobre História, Filosofia e Sociologia da Ciência, se faz necessário que os professores sejam preparados para abordar essas temáticas em sala de aula. Essa expectativa pode ser encontrada de forma implícita no “Decreto nº 3.276/1999”, como disposto em seu artigo 5º, parágrafo 1º, inciso III:

§1º As diretrizes curriculares nacionais observarão, além do disposto nos artigos anteriores, as seguintes competências a serem desenvolvidas pelos professores da educação básica:  
[...]

III - domínio dos conteúdos a serem socializados, de seus significados em diferentes contextos e de sua articulação interdisciplinar; (BRASIL, 1999).

Desse modo, a abordagem contextual do ensino de ciências exige que o professor domine os conteúdos científicos não apenas de forma isolada, mas considerando também seus múltiplos contextos através do diálogo com outras disciplinas como a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência, por exemplo.

Uma abordagem semelhante a encontrada no “Decreto nº 3.276/1999” também pode ser encontrada na “Resolução CNE/CP nº 1/2002” que institui diretrizes curriculares nacionais para a formação de docentes na educação básica, nos cursos superiores de licenciatura plena (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

Kapitango-a-Samba (2005, p. 70-71), acerca da legislação brasileira, conclui:

Além dos fundamentos que a literatura em HC [História da Ciência] ou HC&EC [História da Ciência e Ensino de Ciências] oferece, cremos

que os instrumentos normativos do sistema educacional e aos que regulamentam as licenciaturas são recursos nos quais encontramos relevância da HC [História da Ciência] para as licenciaturas em Química, Biologia, Física e Matemática.

[...] a legislação e política educacional oferecem “lacunas” (por que não oportunidade) suficientes que possibilitam a inclusão de HC (História da Ciência) na formação docente.

Apesar desses comentários que apontam para uma abordagem contextual encontrados nos documentos oficiais brasileiros, El-Hani (2006) afirma que não é possível afirmar que eles sejam comprometidos com uma abordagem contextual do ensino de ciências de fato, visto que não há um tratamento sistemático de aspectos históricos e filosóficos ao longo de seus textos, o que difere, por exemplo, do que é encontrado no texto do “Projeto 2061”.

Neste sentido, Prestes e Caldeira (2009, p.5) afirmam que “No Brasil, a situação referida pelos documentos oficiais do governo federal é, comparativamente, mais difusa em relação a um compromisso autêntico com a abordagem contextual”.

Essa falta de comprometimento mais profundo nos documentos oficiais com uma abordagem contextual do ensino de ciências está presente também na “Base Nacional Comum Curricular” (BNCC). Ela é um documento de caráter normativo que visa definir o conjunto de aprendizagem essenciais que todos os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica (BRASIL, 2018). De maneira semelhante aos PCN e aos PCN+, a BNCC traz comentários que indicam a necessidade de uma abordagem contextual sem apresentar um tratamento sistemático de aspectos históricos e filosóficos.

Por exemplo, segundo a BNCC, uma das competências específicas a serem alcançadas pelos estudantes de Ciências da Natureza no Ensino Fundamental é “Compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico” (MEC, 2018, p. 322), mas não há qualquer discussão mais profunda sobre essa concepção de Ciências da Natureza apresentada no documento.

Conclui-se, portanto, que diferentemente das reformas curriculares ocorridas nos Estados Unidos e na Europa, os elementos que caracterizam uma abordagem contextual

aparecem nos documentos oficiais mais recentes que norteiam os currículos brasileiros apenas de forma superficial e difusa. Kapitango-A-Samba (2005, p. 24) afirma que:

Até onde os dados nos demonstram nada encontramos que confirmassem ter ocorrido, exatamente, um projeto rigoroso nacional de inclusão de HFC [História e Filosofia da Ciência] ou HFSC [História, Filosofia e Sociologia da Ciência] no ensino de ciências naturais e matemáticas, ou uma conferência nacional que debatesse tais questões.

Este cenário continua o mesmo até o período de conclusão deste trabalho.

Kapitango-A-Samba (2005) ressalta, porém, que houve um projeto internacional nas décadas de 1970-1980 denominado “Projeto Multinacional para a Melhoria do Ensino de Ciências” (PROMULMEC) em convênio com o “Centro Interdisciplinar para a Melhoria do Ensino de Ciências” (CIMEC) e com intervenção do “Ministério da Educação e Cultura do Brasil” através do “Programa para a Melhoria de Ensino” (PREMEN), sendo desenvolvido em torno do curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática na UNICAMP nos anos de 1975 a 1984. O projeto era voltado ao ensino de ciências e contemplava aspectos da História da Ciência, mas, apesar do apoio governamental, ficou restrito ao contexto da UNICAMP naquele período, não atingindo uma amplitude nacional (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

Há, por outro lado, iniciativas particulares de professores ou grupos que demonstram que a tendência de reaproximação encontrou solo fértil no Brasil. Em 1983, por exemplo, foi fundada a “Sociedade Brasileira de História da Ciência” (SBHC), que promove a cada dois anos o “Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia”, além de ter criado a “Revista da Sociedade Brasileira de História das Ciências” em 1985, renomeada para “Revista Brasileira da História da Ciência” em 2008, promovendo uma visão interdisciplinar que abarca áreas como a História, Filosofia, Sociologia, Antropologia e Educação (SBHC, [201-?]).

Destaca-se também a fundação da “Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia” (ABFHiB) em 2006, durante o “IV Encontro de Filosofia e História da Biologia” na Universidade Presbiteriana Mackenzie na cidade de São Paulo, sendo responsável pela realização de eventos, do “Boletim de História e Filosofia da Biologia e

da revista *Filosofia e História da Biologia*”, promovendo estudos sobre a História e Filosofia da Biologia (ABFHIB, [201-?])

Outra iniciativa neste sentido é o “Grupo de História e Teoria da Ciência” (GHTC) criado em 1991 pelo professor Roberto de Andrade Martins do Departamento de Raios Cósmicos e Cronologia do Instituto de Física “Gleb Wataghin” da UNICAMP. O grupo alterou recentemente seu nome para “Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências” devido ao crescente interesse na pesquisa sobre educação científica (GHTC, [201-?]).

Diante do exposto, fica evidente que a muito bem documentada tendência de reaproximação entre a História, Filosofia e Sociologia da Ciência e o ensino de ciências identificada na Europa e na América do Norte também pode ser identificada no Brasil, apesar de a chamada abordagem contextual não ter sido incorporada de forma profunda nos documentos oficiais que norteiam a educação nacional, ficando restritas a iniciativas de professores e grupos específicos.

## **2.2. Contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência para o Ensino de ciências**

Vários argumentos foram apresentados em defesa da inserção de elementos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência no ensino de ciências. O físico e filósofo austríaco Ernst Mach (1838-1916) foi um dos primeiros a argumentar explicitamente a favor do que viria a ser chamado posteriormente de abordagem contextual, afirmando que a compreensão de um conceito teórico é necessariamente histórica pois todo conceito tem uma origem e um desenvolvimento histórico e o conhecimento que não leva em conta essa dimensão se torna apenas um amontoado de sistemas de preceitos parcialmente compreendidos ou sistemas de pré-conceitos (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

Mach defendia que a perspectiva histórica permite que as pessoas em geral e, em especial, os cientistas, se localizem em uma tradição de pensamento, dando ferramentas para que possam confrontar suas concepções e estruturas de pensamento, ideia esta que Albert Einstein declarou ter contribuído para a formulação de sua Teoria da Relatividade (VANNUCHI, 1996).

Ernst Mayr (1904-2005), biólogo de origem alemã, argumentava em consonância com Mach sobre a necessidade de uma compreensão histórica dos conceitos científicos pois, segundo ele, a história do desenvolvimento deles influencia o estado atual conceitual, ou seja, seu significado (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

O químico e historiador belga George Sarton (1884-1956) acrescenta que a História da Ciência auxilia na re-humanização do ser humano, regulando suas consciências contra a busca cega pelo sucesso científico ou ao consumo acrítico de suas consequências, em especial no que se refere a estudantes e professores (KAPITANGO-A-SAMBA, 2005).

Segundo Matthews (1994, 1995), a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência não fornecem soluções para todas as questões envolvidas na crise no ensino de ciências, mas apresentam diversos aspectos que podem contribuir positivamente para este problema, como:

- (I) Podem humanizar as ciências, aproximando-a de interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade.
- (II) Podem tornar as aulas mais desafiadoras e reflexivas, estimulando o raciocínio lógico e analítico, indo além da mera memorização de conceitos isolados.
- (III) Podem contribuir para o desenvolvimento de uma visão integral de matéria científica ao relacionar diferentes temas e disciplinas.
- (IV) Podem promover uma melhor compreensão de conceitos e métodos científicos.
- (V) Podem promover a conexão do desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas.
- (VI) A História é intrinsecamente valiosa e deve ser familiar a todo estudante.
- (VII) Podem melhorar a formação do professor auxiliando na formação de uma epistemologia da ciência mais rica e autêntica.
- (VIII) Podem ajudar os professores a apreciar melhor as dificuldades de aprendizagem dos estudantes, em especial das dificuldades históricas no desenvolvimento do conhecimento científico.

- (IX) Pode promover nos professores uma melhor compreensão dos debates contemporâneos na área da educação que possuam um forte componente epistemológico, como os debates sobre construtivismo, por exemplo.
- (X) Uma boa compreensão histórica e filosófica auxilia a neutralizar o cientificismo e o dogmatismo que são encontrados frequentemente em manuais de ensino de ciências.

Vannuchi (1996) afirma que o desenvolvimento da racionalidade pode ser favorecido se os estudantes forem introduzidos ao debate de questões polêmicas acerca do desenvolvimento da ciência, visto que este contexto estimula o desenvolvimento de habilidades lógicas, capacidade de argumentação, comunicação de ideias e a tomada de consciência das condicionantes contextuais da atividade científica.

Entretanto, diante desses argumentos em favor de uma abordagem contextual, algumas questões essenciais precisam ser consideradas para a compreensão da relação entre História, Filosofia e Sociologia da Ciência e o ensino de ciência: (I) “o que seria uma visão adequada da ciência?”, (II) “o que seria uma visão adequada da História da ciência?” e (III) “como inserir elementos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência nas aulas de ciência?”.

A seguir, discutiremos possíveis respostas para cada uma dessas questões, além de analisar o caso específico da Biologia a fim de identificar quais as possíveis contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência para essa disciplina específica.

### **2.3. O que seria uma visão adequada da ciência?**

Moura (2014) relata que um grande número de educadores, formadores e acadêmicos tem defendido que estudantes e professores ensinem não somente ciências, mas também “sobre a ciência”, ou seja, que ensinem o que é denominado de “natureza da ciência”, algo que é promovido pela inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de ciência. De forma ampla e geral, Moura (2014, p.33) afirma que “compreender a natureza da ciência significa saber do que ela é feita, como elaborá-la, o que e por que ela influencia e é influenciada”.

Entretanto, esta definição não é capaz de abarcar todos os detalhes necessários para a compreensão deste conceito, o qual está envolvido em controvérsias acerca de sua definição, destacando-se duas visões acerca do significado de natureza da ciência: por um lado, há a ideia de que devemos abordar o conceito de “semelhança familiar” (*Family resemblance*) e, por outro lado há a ideia de que devemos discutir os aspectos “consensuais” a respeito da natureza da ciência (MOURA, 2014).

Segundo a ideia de semelhança familiar proposta por Irzik e Nola (2011 apud MOURA, 2014), as áreas da ciência que partilham de semelhanças – sejam em seus objetivos, produtos ou métodos – devem ser considerados como traços característicos de uma mesma família, propondo quatro categorias de semelhança familiar:

- (I) *Atividades*: observação e experimentação são atividades típicas da ciência, mesmo que diferentes áreas como a Astronomia ou a Arqueologia utilizem práticas, habilidades, instrumentos e experiências distintas.
- (II) *Objetivos e valores*: cada ciência individual pode possuir um propósito e um conjunto de valores diferentes de acordo com diversas interpretações filosóficas que podemos ter sobre elas.
- (III) *Metodologias e regras metodológicas*: apesar das diversas áreas da ciência não compartilharem exatamente das mesmas regras e métodos, todas elas possuem certos parâmetros que as norteiam, alguns comuns a todas as áreas da ciência.
- (IV) *Produtos*: apesar das diferentes áreas da ciência não gerarem os mesmos produtos, todas buscam cumprir seus objetivos a partir de metodologias próprias, gerando hipóteses, leis, teorias, modelos, dados experimentais, etc.

Entretanto, como afirma Moura (2014), a ideia de semelhança familiar deixa a natureza da ciência com um caráter muito amplo e aberto.

Alguns autores, porém, consideram que ao trabalhar com ensino de ciências, devemos abordar seus aspectos consensuais, ou seja, características acerca da construção do conhecimento científico que a maioria dos pesquisadores se encontram em acordo (MOURA, 2014). El-Hani (2006, p.7), ao abordar acerca das divergências sobre a compreensão do que é a natureza da ciência, ilustra de forma clara a perspectiva consensual:

[...] a ênfase sobre as controvérsias epistemológicas pode ocultar o fato de que há também um grau relativamente alto de concordância sobre alguns aspectos de uma visão adequada sobre a natureza da ciência. Isso não significa dizer que exista uma visão sobre a natureza da ciência única ou mesmo um consenso a respeito de alguma imagem ‘correta’ da atividade científica. Não se trata, tampouco, de que queiramos negar a natureza multifacetada, complexa e dinâmica do trabalho científico, e das análises filosóficas da empreitada científica. Trata-se somente de assumir que é possível derivar alguns pontos de concordância entre teorias sobre as ciências que discordam em muitos outros pontos, de modo que possamos ter uma noção mais clara sobre o que constituiria uma visão aceitável da prática científica e, assim, sobre quais objetivos devemos assumir ao ensinar a professores e estudantes sobre a natureza da ciência.

Pérez et al. (2001), após analisar criticamente as concepções de docentes sobre a natureza do trabalho científico, assim como artigos sobre educação científica/didática das ciências, identificaram ideias que devem ser evitadas que foram denominadas de deformações, as quais não expressam uma visão adequada do trabalho científico por formarem uma imagem ingênua, mas que foi socialmente aceita e reforçada passiva ou ativamente pelo ensino de ciências. Os autores mencionam as seguintes deformações:

- (I) Uma concepção empírico-indutivista e atórica, que destaca o papel “neutro” (não influenciado por concepções prévias) da observação e da experiência, ignorando o papel que as hipóteses e teorias disponíveis tem em orientar o processo.
- (II) Uma concepção rígida, algorítmica, exata, infalível de um suposto “método científico” como um conjunto de regras que devem ser seguidas mecanicamente, priorizando um tratamento quantitativo dos dados.
- (III) Uma concepção aproblemática e ahistórica e, conseqüentemente, dogmática e fechada, que ignora os problemas que deram origem aos conhecimentos científicos, assim como sua história, evolução, dificuldades encontradas, etc.
- (IV) Uma concepção exclusivamente analítica, favorecendo o reducionismo e esquecendo os esforços de unificação e construção de corpos coerentes de conhecimento cada vez mais amplos. O oposto, ou seja, negligenciar o papel

da análise, da unidade, adotando uma perspectiva essencialmente holística, também é uma distorção.

- (V) Uma visão acumulativa de crescimento linear, ignorando as crises, remodelações profundas e revoluções presentes na história do desenvolvimento do conhecimento científico. Tal visão é complementar a visão rígida.
- (VI) Uma visão individualista e elitista da ciência, no qual o conhecimento científico é obra de gênios isolados, ignorando o papel coletivo, cooperativo, assim como o caráter de construção humana do seu desenvolvimento.
- (VII) Uma visão socialmente neutra da ciência, na qual são desconsideradas as influências externas no desenvolvimento do conhecimento científico – ilustrando cientistas como seres isolados em torres de marfim –, assim como as consequências sociais por ele desencadeado – proporcionando uma imagem do cientista como um ser “acima do bem e do mal”.

Essas diferentes visões aparecem comumente associadas entre si, expressando uma imagem ampla e ingênua da natureza da ciência que muitas vezes é aceita implicitamente por professores de ciências devido à falta de reflexão mais aprofundada sobre História, Filosofia e Sociologia da Ciência, pouco diferindo da visão de qualquer cidadão sem formação científica e se afastando das concepções atuais sobre a natureza da ciência (PÉREZ et al., 2001).

Como pontos de consenso entre as diversas concepções sobre a natureza da ciência apresentadas por diversos filósofos da ciência, Pérez et al. (2001) destacam os seguintes:

- (I) A recusa da ideia de “método científico” como um conjunto de regras definidas que devem ser aplicadas de forma mecânica e independente do domínio investigado. Entretanto, a ausência de um método único e infalível não implica a inexistência de métodos. A construção do conhecimento científico na história envolve um pluralismo metodológico.
- (II) A recusa do empirismo que concebe os conhecimentos como resultados da inferência indutiva a partir de “dados puros”. Os dados sempre são interpretados à luz de uma teoria e, portanto, não são “puros”. Os paradigmas conceituais e teorias são a origem e o fim do conhecimento científico.

- (III) O destaque ao papel atribuído pela investigação ao pensamento divergente, raciocinando em termos de hipóteses, em tentativas de respostas que devem ser postas à prova de forma rigorosa.
- (IV) Deve haver uma busca de coerência global. Se a ciência é construída trabalhando-se com hipóteses, se faz necessário duvidar sistematicamente dos resultados obtidos, assim como de todo o processo com que se obteve os resultados, sendo necessária a constante revisão dos resultados a fim de obtê-los por meios diferentes e mostrar coerência com outros resultados obtidos em situações distintas. Deve ser ressaltado que, para refutar ou comprovar uma hipótese, não basta um tratamento experimental, mas trata-se da existência, ou não, de coerência global com o corpo de conhecimentos vigente.
- (V) Uma compreensão do caráter social do desenvolvimento científico. Fatores sociais influenciam o trabalho dos cientistas, assim como o trabalho dos cientistas influencia o meio físico e social em que está inserido.

McComas et al. (1998), após analisarem oito documentos curriculares internacionais, construíram uma lista de tópicos considerados importantes para a construção de uma concepção de natureza da ciência adequada para o ensino de ciências que corrobora e complementa os aspectos levantados no trabalho de Pérez et al. (2001):

- (I) O conhecimento científico é de natureza conjectural.
- (II) O conhecimento científico depende, apesar de não inteiramente, da observação, experimentação, de argumentos racionais e do ceticismo.
- (III) Não há método científico universal, mas sim um pluralismo metodológico na ciência.
- (IV) A ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais.
- (V) Leis e teorias não possuem o mesmo papel na ciência, assim como não é correto afirmar que teorias se tornam leis quando evidências adicionais se tornam disponíveis.
- (VI) A ciência recebe contribuições de pessoas de todas as culturas.
- (VII) Novos conhecimentos não devem ser ocultados, mas relatados de forma aberta e clara.

- (VIII) A construção do conhecimento científico necessita de registros acurados, crítica rígida e constante das comunidades de pesquisadores às evidências, teorias, argumentos, etc., assim como a replicação dos estudos realizados.
- (IX) Observações são dependentes de teorias.
- (X) A criatividade é qualidade do cientista.
- (XI) A História da Ciência não é apenas evolutiva e acumulativa, mas também revolucionária.
- (XII) A ciência é parte de tradições culturais e sociais.
- (XIII) A ciência e a tecnologia se impactam mutuamente.
- (XIV) O meio social e histórico influencia as ideias científicas que neles se inserem.

Moura (2014) identificou, após analisar trabalhos de autores que defendiam listas de aspectos consensuais sobre a natureza da ciência, cinco tópicos abrangentes presentes nas abordagens de todos os autores:

- (I) A ciência é mutável, dinâmica e tem como objetivo a busca por explicações aos fenômenos naturais. Nega-se, portanto, que a ciência é um conjunto de verdades absolutas que devem ser aceitas acriticamente.
- (II) Não existe um método científico universal. As metodologias são múltiplas, assim como os resultados, abrindo margem para os desacordos.
- (III) A teoria não é consequência da observação/experimentação e vice-versa. Nenhuma observação prescinde de expectativas e concepções do observador, assim como há um consenso da impossibilidade de prova final na ciência visto que ela constrói modelos, explicações e conceitos acerca do mundo natural de forma provisória e mutável, sendo sustentada por saberes, metodologias, pressupostos epistemológicos, sociológicos e filosóficos da ciência.
- (IV) A ciência é influenciada pelo contexto social, cultural, político, etc.; no qual se insere. Não há neutralidade no trabalho científico: vários fatores que circunda o desenvolvimento científico como crenças, local onde vivem os cientistas, fatores políticos, dentre outros aspectos influenciam na construção e rejeição de ideias científicas.

- (V) Os cientistas utilizam imaginação, crenças pessoais, influências externas, dentre outros para fazer ciência, visto que eles não são seres isolados e alheios ao mundo exterior, pelo contrário, são seres humanos comuns e, por isso mesmo, podem errar, são influenciáveis, são motivados por interesses pessoais, têm qualidades e defeitos, etc.

Diante do exposto, consideramos que as visões de natureza da ciência ressaltando aspectos consensuais apresentadas por McComas et al. (1998), Moura (2014) e Pérez et al. (2001) dão um panorama básico sobre a natureza da ciência e auxiliam a evitar concepções erradas ou deformações sobre a imagem que se tem da ciência e dos cientistas, sendo essencial que professores e estudantes compreendam estes aspectos em uma abordagem contextual do ensino de ciências.

#### **2.4. O que seria uma visão adequada da História da Ciência?**

Acerca da relação entre História das Ciências e o ensino de ciências, Abrantes (2002, p. 87) afirma o seguinte:

Acredito que a principal função da História da Ciência no ensino de ciências nos diversos níveis seja a de desenvolver um senso crítico com respeito às imagens de ciência (e de natureza) que prevalecem em dado momento histórico e que são veiculadas pela imprensa, pelos professores e pelos manuais utilizados no ensino, frequentemente de modo subreptício.

Tal afirmação deixa claro que a forma com que a História da Ciência é “contada” está intimamente relacionada com a imagem que se tem da natureza da ciência e, conseqüentemente, uma compreensão deformada da natureza da ciência implica em uma História da Ciência deformada.

Carneiro e Gastal (2005) destacam, por exemplo, que a História da Biologia veiculada em livros de didáticos do ensino médio e universitário reforçam uma imagem de ciência e sua História que vem sendo combatida nas últimas três décadas. As autoras destacam algumas características identificadas nesses livros, as quais foram agrupadas em quatro categorias (CARNEIRO; GASTAL, 2005):

- (I) Histórias anedóticas: episódios históricos, geralmente centrados na biografia de um cientista, podem reforçar a ideia de que a produção do conhecimento científico é limitada a eventos fortuitos, dependendo da genialidade inventiva de cientistas completamente isolados com contexto social ao seu redor. Por exemplo:

Mendel foi criado num distrito agrícola que hoje faz parte da Tcheco-Eslováquia. Muito cedo foi atraído pela vida monástica e ordenou-se com vinte e cinco anos de idade. Mais tarde estudou Matemática e História Natural na Universidade de Viena e lecionou no colégio da cidade de Brünn durante anos. Foi nessa época que organizou um pequeno canteiro no convento, onde realizou as famosas experiências com ervilhas de cheiro, que deram origem a um novo ramo da ciência, a Genética. (BSCS, 1971, p. 72 apud CARNEIRO; GASTAL, 2005, p. 35)

Neste trecho, a imagem que se passa é de que Mendel, um monge genial, realizou pesquisas de forma isolada que deram origem, sem mais problemas, a Genética, corroborando com uma visão individualista, elitista e socialmente neutra do desenvolvimento científico (PÉREZ et al., 2001).

- (II) Linearidade: os episódios históricos são apresentados de forma linear, como se o conhecimento científico atual fosse o resultado de conhecimentos mais antigos, sendo que o corpo de conhecimentos que hoje é compartilhado pela comunidade científica são os conhecimentos “corretos”. Por exemplo, na “Versão Azul do BSCS”, os autores apresentam diferentes concepções sobre o desenvolvimento dos seres vivos, explicando o significado de cada uma delas, mas sem discutir variações dessas visões ou os argumentos que embasavam tais visões:

A primeira idéia chamou-se pré-formação. De acordo com ela, o novo organismo, animal ou planta, estaria completamente formado na célula reprodutiva. O desenvolvimento seria apenas um aumento de tamanho, até que o novo animal saísse do ovo ou nascesse e a nova planta saísse da semente. Pensava-se que o desenvolvimento seria automático, se a célula estivesse em ambiente favorável [...] Ainda no século XVIII, os cientistas acreditavam que os organismos estivessem pré-formados nas

células reprodutivas e se preocupavam em descobrir se estariam no óvulo ou no espermatozóide [...] (BSCS, 1971, p. 36 apud CARNEIRO; GASTAL, 2005, p. 36).

Esse tipo de abordagem histórica pode favorecer uma visão acumulativa de crescimento linear que ignora as crises e revoluções do conhecimento científico, além de dar a impressão de que o conhecimento atual está pronto, acabado e definitivo, ignorando o que o conhecimento científico é conjectural, provisório e mutável (PÉREZ et al., 2001).

- (III) Consensualidade: a história da construção do conhecimento científico é demonstrada apenas por meio das concordâncias. Os pontos de vista divergentes só são apresentados no sentido de demonstrar o conflito entre visões “corretas” e “erradas”. Por exemplo, na “Versão Azul do BSCS”, ao discutir a biologia do desenvolvimento, afirma o seguinte:

Há duas formas gerais em que o desenvolvimento embriológico tem sido interpretado historicamente. Primeira, o ovo poderia conter uma miniatura diminuta do adulto. Em condições adequadas, essa miniatura se desenvolveria, simplesmente tornando-se maior. Como essa idéia desenvolve a presença de um indivíduo já formado no interior do ovo, é denominada teoria da pré-formação. Segunda, o novo organismo poderia desenvolver-se a partir de uma massa amorfa de substância viva. Desenvolver-se-ia pela diferenciação desse material amorfo nas várias partes do corpo. Esse tipo de desenvolvimento é chamado epigênese. Qual das explicações é a correta? O filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.), freqüentemente referido como “o pai da embriologia”, acompanhava com fascinação o desenvolvimento dos ovos embrionados de galinha. Baseado em suas observações, decidiu-se a favor da epigênese, e o assunto ficou nisso durante quase dois mil anos (BSCS, 1971, p. 457 apud CARNEIRO; GASTAL, 2005, p. 37).

Essa é uma perspectiva histórica que prioriza o consenso e/ou que apresenta a dicotomia “conhecimento certo” / “conhecimento errado” sem afirmar a natureza conjectural e provisória até mesmo do conhecimento científico considerado como correto em um determinado momento histórico, favorecendo uma visão aproblemática da ciência (PÉREZ et al., 2001).

- (IV) Ausência do contexto histórico mais amplo: passa a ideia de que a ciência não sofre influência do meio sociocultural de sua época. Essa tendência está presente em todos os tipos de abordagens históricas citados anteriormente. Não há, por exemplo, menção à influência das ideias aceitas na época em outros campos do conhecimento nem às implicações das ideias geradas pela ciência. Isso favorece uma visão individualista, elitista e socialmente neutra da Ciência (PÉREZ et al., 2001).

Augusto e Basilio (2018, p. 74), ao analisar dezoito dissertações e teses produzidas no Brasil até o ano de 2013 que investigaram a presença de História e Filosofia da Ciência nos livros didáticos, concluiu que “os autores apontam como uma temática ausente em grande parte dos livros. Quando presente aparece como uma sucessão linear de fatos históricos, muitas vezes, breve e superficial, citando alguns cientistas e até mesmo apresentando erros”.

Em consonância com essas ideias, Pagliarini (2007) afirma que a História encontrada em materiais didáticos é comumente distorcida e simplificada em excesso, configurando o que costuma ser chamado de pseudo-história, cujo uso promove estereótipos e falsas ideias sobre ciência. Ao analisar livros didáticos de Física, ele conclui que:

Como vimos, muitos deles preocupam apenas com o ensino dos resultados da física, sendo que os conteúdos históricos, quando presentes, apareciam distorcidos e com diversos erros, tendo o propósito de moldar a ciência de forma linear e simples, para o fim de se apresentar um certo resultado ou conceito a ser ensinado. (PAGLIARINI, 2007, p. 106)

Pagliarini (2007) apresenta algumas dessas concepções falsas promovidas por essas pseudo-histórias: a existência de um método científico universal que deve ser seguido por todos que fazem ou desejam fazer ciência; esse método científico segue rigorosamente as seguintes etapas: determinação do problema estudado, observações e medições rigorosas, interpretação de dados (hipóteses) e conclusão (teorias científicas); dessas duas afirmações anteriores se segue que da simples observação é possível obter uma nova lei ou teoria científica de forma puramente “mecânica”; a ciência sempre busca e alcança a verdade absoluta.

Segundo o Allchin (2003), as reconstruções históricas de descobertas científicas acabam se tornando fonte de mitos nas ciências. Estes mitos possuem características em comum, como: os cientistas são apresentados como personagem super-humanos, sem falhas de caráter e que nunca cometem erros; descobertas científicas muitas vezes são creditadas a uma única pessoa quando, na verdade, foram construídas por várias pessoas de forma gradual e colaborativa; alguns detalhes históricos ganham destaque para compor um conflito dramático na história, seja através de um problema pessoal ou no confronto com algum adversário, no qual a verdade e a ciência triunfam no final; as histórias não são contadas como parte da história do desenvolvimento científico, mas como histórias cuja lição implícita é a de que a ciência leva a uma inevitável e óbvia verdade.

A presença de mitos e pseudo-histórias na História da Ciência utilizada no ensino de ciências foi um dos principais aspectos atacados por pesquisadores contrários às abordagens contextuais. Dois argumentos principais foram apresentados como críticas: (I) toda inserção de História nos cursos de ciências era, na verdade, uma inserção de pseudo-história e (II) a inserção de História da Ciência enfraquecia as convicções científicas necessárias para uma boa aprendizagem da ciência (MATTHEWS, 1995).

Segundo Matthews (1995), físico Martin Klein foi o primeiro a levantar argumentos contrários à inserção de História da Ciência no ensino de ciências. Segundo Klein, os cientistas possuem uma perspectiva diferente da dos historiadores: enquanto a ciência trabalha com fenômenos isolados, a História lida com a complexidade do fato e, neste sentido, todo trabalho de seleção e utilização de material histórico realizada por um professor de ciências resultaria em um ensino de história deturpada e de má qualidade, ou seja, uma pseudo-história (KLEIN, 1972 apud MATTHEWS, 1995). Portanto, nessa perspectiva, é melhor não usar História nenhuma no ensino de ciências do que usar algo de má qualidade.

Matthews (1994) afirma que a defesa de que a exposição das diferenças de perspectivas entre historiadores e cientistas prejudica o ensino não encontra nenhum respaldo e, ao contrário, há exemplos de programas bem-sucedidos que demonstram que o contato com a diversidade de perspectivas para apreciar uma questão é benéfico para a formação dos estudantes.

Whitaker (1979 apud MATTHEWS, 1995) complementou as afirmações de Martin Klein afirmando que as narrativas históricas feitas por cientistas vão além da mera simplificação excessiva, do erro ou das omissões, se configurando como falsificações ou quasi-história, ou seja, são uma reconstrução da História feita para se moldar a uma versão considerada adequada da metodologia científica aceita no momento.

Segundo este autor, a construção da quasi-história não é necessariamente algo consciente que o autor faça para reforçar suas concepções acerca da ciência, mas é algo que atende as preocupações pedagógicas, resultando de um desejo de que a história seja conveniente para o processo de ensino e aprendizagem (VANNUCCHI, 1996).

Vannucchi (1996) afirma que existem vários exemplos que reforçam a ideia de que ideologias estão presentes na História da Ciência, como no caso da ciência dos arianos criada pelos nazistas ou das diferentes descrições sobre a natureza da disputa entre Igreja e ciência que variam de acordo com as crenças do historiador. Entretanto, as distorções podem ser minimizadas pelo trabalho conjunto de professores, historiadores e filósofos, sendo avaliada segundo critérios específicos da atividade educativa (VANNUCCHI, 1996).

Matthews (1995) indica que é necessário considerar as questões que envolvem a interpretação hermenêutica na historiografia da ciência que possibilitam uma inserção da História no ensino de ciências minimizando as distorções de visões tendenciosas.

Outro problema com as críticas de Klein e Whitaker é que elas parecem ignorar que a total objetividade em História é impossível pois todo o historiador sofre influências de suas concepções sociais, nacionais, psicológicas, religiosas, científicas ou epistemológicas, as quais norteiam seu trabalho de fabricação da História (MATTHEWS, 1995). Se levado às últimas consequências, o raciocínio de Klein e Whitaker implicaria o total abandono do ensino de qualquer História e não apenas do ensino de História da Ciência.

Matthews (1995) afirma que a simplificação da História é algo necessário para a sua utilização pedagógica, não sendo um problema em si mesmo, sendo possível utilizá-la para dar luz sobre os conteúdos abordadas sem criar uma caricatura do processo histórico, levando sempre em conta a faixa etária dos estudantes. Ele afirma que:

O problema hermenêutico de interpretação na história da ciência, longe de dificultar ou impedir o uso da história, pode tornar-se uma boa

ocasião para que os alunos sejam apresentados a importantes questões de como lemos textos e interpretamos os fatos, isto é, ao complexo problema do significado: a partir de seu dia a dia, os alunos sabem que as pessoas vêem as coisas de formas diferentes; portanto, a história da ciência constitui-se num veículo natural para se demonstrar como esta subjetividade afeta a própria ciência. (MATTHEWS, 1995, p. 177)

O segundo argumento contra a inserção de História da Ciência no ensino de ciências foi apresentado pelo físico e filósofo da ciência Thomas Kuhn. Segundo Kuhn, a História da Ciência deve ser distorcida a fim de que o cientista em formação se sinta parte de uma tradição bem-sucedida na busca pela verdade (MATTHEWS, 1995).

Em consonância com as ideias de Thomas Kuhn, Stephen Brush (1974 apud MATTHEWS, 1995) defendia que a História da Ciência poderia ter consequências negativas na formação dos estudantes pois ela acaba com as certezas do dogma científico, o que poderia acabar os desanimando, sugerindo que a História da Ciência deveria ficar restrita à um público científico mais maduro.

Matthews (1995) indica que não há evidências de que as abordagens contextuais dificultem a compreensão dos conteúdos científicos; elas podem abalar concepções deformadas sobre a natureza da ciência, o que é, na verdade, algo benéfico. Vannucchi (1996) afirma que a proposta de Kuhn promove uma doutrinação dos estudantes para que eles sejam comprometidos com o empreendimento científico, desfavorecendo a formação de uma visão crítica sobre a natureza da ciência.

Martins (1993) afirma que o historiador atual deve se engajar na compreensão de uma concepção científica em seu contexto, deixando de lado aquilo que se aceita hoje em dia sem julgar as ideias do passado ou de outros povos *a priori* simplesmente por serem diferentes das ideias aceitas pela maioria da comunidade científica atual em nosso contexto, atitude esta que também pode ser aplicada no ensino de ciências.

Abrantes (2002, p. 87), ao tratar das relações entre História das Ciências e ensino de ciências, afirma que:

[...] para que a História da Ciência desempenhe a sua função crítica, ela deve ser produto daqueles gêneros de historiografia que visam à compreensão e à explicação do passado das ciências. Tais gêneros são

mais sensíveis às imagens de natureza e de ciência que condicionam o trabalho científico.

As historiografias que buscam uma fidelidade ao contexto histórico particular em que surgiu uma determinada idéia ou uma obra, pretendem inserir-se em uma ampla História Intelectual que visa menos à produção do conhecimento (filosófico, científico, etc.) e mais a uma compreensão daquilo que somos e das circunstâncias que possibilitaram o nosso presente contingente.

Portanto, podemos concluir que a inserção de História da Ciência no ensino de ciências precisa andar ao lado de uma visão adequada acerca da natureza da ciência a fim de contribuir para uma melhor compreensão das relações entre a atividade científica e o meio social em que ela se insere.

## **2.5. Como inserir História, Filosofia e Sociologia da Ciência nas aulas de ciência?**

Matthews (1994) identificou duas tendências de inclusão de História da Ciência nos currículos de científicos: a “Abordagem Integrada” (“*Integrated Approach*”), na qual a perspectiva histórica serve de linha condutora de todo o conteúdo científico a ser trabalhado com os estudantes, e a “Abordagem Inclusiva” (“*Add-on Approach*”), na qual são incluídos episódios históricos específicos ou “estudos de caso” em um curso não-histórico.

Prestes e Caldeira (2009) destacam que ambas as abordagens são positivas para o ensino de ciências, mas que a “abordagem inclusiva” tende a ser majoritária pois podem ser iniciadas pela atitude individual e autônoma do professor, enquanto as “abordagens integradas” necessitam de um maior suporte por serem projetos de grande escala.

Pessoa Jr. (1996) apresenta alguns tipos de abordagens históricas que podem ser utilizados em sala de aula:

- (I) História internalista de longo prazo: explica como as concepções de uma ciência evoluíram ao longo do tempo, focando na história das descobertas dos cientistas. Não é uma forma muito fiel às origens históricas. Pessoa Jr (1996, p. 5) ilustra de forma simplificada o modelo básico desse tipo de abordagem da seguinte forma: “Primeiro Oresme fez isso, depois Galileu

fez aquilo, depois tentaram isso, até que Newton chegou e...”. Esse tipo de abordagem apresenta características como a ausência de contexto externo mais amplo, assim como são narrativas com predominância da linearidade e da consensualidade, conforme os critérios estabelecidos por Carneiro e Gastal (2005).

- (II) Perfil epistemológico de alguns grandes cientistas: nesse tipo de abordagem o professor foca em cientistas importantes, examinando como formulou suas ideias, quais foram seus desafios e erros na elaboração de sua teoria ou equação, etc. Aqui, há uma falsificação histórica para que a narrativa tenha mais fluidez. Entretanto, é uma forma mais profunda de abordagem histórica se comparada com a História internalista de longo prazo. Com base nas categorias de Carneiro e Gastal (2005), esse tipo de abordagem se caracteriza como uma história anedótica.
- (III) História externalista ou social da ciência: o professor explica como era a sociedade na época em que determinado conceito científico foi construído, quais as necessidades tecnológicas da época, porque aquele país possibilitou o desenvolvimento científico, etc.
- (IV) História a partir da leitura de originais: os estudantes são apresentados aos textos originais de cientistas. Um problema é a falta de traduções para o português destes textos. Gandolfi e Figueirôa (2014) afirmam que o contato dos estudantes com fontes primárias pode se transformar em uma ferramenta de aproximação entre suas concepções e raciocínios e a lógica do desenvolvimento de um conhecimento científico específico, além de ter boa receptividade e gerar surpresas.
- (V) História internalista a partir de teorias de dinâmica científica: utiliza-se uma teoria de evolução das teorias científicas como a de Thomas Kuhn ou a de Imre Lakatos para descrever certos episódios históricos. Há o perigo de que essas reconstruções falsifiquem a história, mas ela traz vantagens didáticas, pois permite que o aluno adquira uma visão geral acerca do funcionamento da ciência.

- (VI) História dos instrumentos científicos: na maioria das vezes o foco dado nas abordagens históricas se encontra nas teorias científicas, negligenciando a base experimental da ciência. Apresentar aos estudantes os instrumentos científicos utilizados e até mesmo construir aparelhos simples com os estudantes pode ter um grande potencial didático.
- (VII) Histórias possíveis: ao estudar como uma teoria ou campo se originou, pode-se vislumbrar que outros caminhos poderiam levar as mesmas descobertas.

O autor ressalta que é importante que o professor tenha acesso a um arquivo de textos e materiais que possam ser utilizados para dar suporte a essas abordagens históricas (PESSOA JR., 1996).

Oliveira e Silva (2011) indicam que é possível identificar dois tipos de abordagens históricas: as abordagens internalistas – aquelas que analisam o conteúdo conceitual da ciência – e as abordagens externalistas – aquelas que analisam os fatores extra-científicos presentes no desenvolvimento do conhecimento científico.

Ambas as visões têm relevância pois cada uma delas implica em uma compreensão diferente e complementar da natureza da ciência, enquanto extremos devem ser evitados, ou seja, deveríamos evitar análises que levem em conta apenas as necessidades internas da ciência, assim como deveríamos evitar aquelas que consideram apenas as ações e motivações dos cientistas, sem levar em consideração os conteúdos científicos (OLIVEIRA; SILVA, 2011).

Moura e Silva (2014) propõem a chamada Abordagem Multicontextual da História da Ciência (AMHIC) com enfoque na formação de professores em uma abordagem contextual. A AMHIC é composta pelos episódios históricos – conjunto de acontecimentos relacionados entre si com um aspecto central comum – e pelos contextos de análise – diferentes dimensões de estudo nas quais os episódios históricos podem ser explorados em sala de aula (MOURA; SILVA, 2014).

Os autores propõem, inicialmente, três contextos de análise:

- (I) O contexto científico: análise dos principais conceitos científicos presentes nos episódios históricos. Eles podem ser divididos em duas

vertentes indissociáveis: a prática – explora aspectos experimentais – e teórica – explora aspectos conceituais.

- (II) O contexto metacientífico: analisa os aspectos epistemológicos, filosóficos, sociológicos e culturais do episódio histórico, discutindo questões acerca do fazer científico, as relações entre ciência e sociedade, o entrelaçamento entre experimentação e teoria, etc.
- (III) O contexto pedagógico: momento que favorece a construção de saberes didáticos-pedagógicos por parte do licenciando. Ele é estimulado a se colocar sob um ponto de vista crítico acerca de suas atitudes e posturas enquanto docente. (MOURA; SILVA, 2014).

Moura e Silva (2014) indicam alguns pressupostos gerais para a inserção de episódios históricos no ensino de ciências:

- (I) O docente que irá trabalhar com essa abordagem deve possuir certas competências e interesses específicos como: gosto pela leitura; compreensão de seus preconceitos e expectativas que podem levar a uma apreciação anacrônica dos episódios históricos; cuidado ao fazer afirmações categóricas e generalizações; senso crítico para selecionar fontes adequadas para seu estudo; ter conhecimento aprofundado sobre o episódio histórico abordado; possuir uma compreensão adequada acerca da natureza da ciência.
- (II) A inserção de episódios históricos deve levar em conta os três contextos da AMHIC, ou seja, deve incluir conceitos científicos, questões históricas, filosóficas, culturais, etc. e também estar relacionada a conteúdos trabalhados nos currículos da Educação Básica e, além disso, levar os estudantes a refletir sobre o ensino e aprendizagem.
- (III) Os episódios históricos devem possuir elementos que permitem ser tratados como problemas a fim de estimular uma visão crítica dos assuntos trabalhados, assim como a compreensão do processo de construção do conhecimento científico.
- (IV) É importante que os materiais selecionados para serem disponibilizados aos estudantes sejam de boa qualidade. Deve-se buscar textos em fontes

originárias de periódicos e bases de dados confiáveis, além de considerar que a maioria dos estudantes muitas vezes não leem em língua estrangeira, sendo necessário um trabalho de tradução de textos em outros idiomas diferentes da do público alvo.

Entendemos que a consideração destes pressupostos pode ser útil na elaboração de propostas com uma abordagem contextual mesmo que estes não partam exatamente do mesmo viés teórico que norteia a AMHIC proposta por Moura e Silva (2014).

Entretanto, alguns erros devem ser evitados. Segundo Matthews (1994 apud EL-HANI, 2006), cursos que tratam de Filosofia da Ciência muitas vezes acabam negligenciando a História da Ciência, resultando em, pelo mesmo três problemas: os estudantes são levados a aceitar interpretações históricas dadas por filósofos da ciência de forma acrítica; a aprendizagem sobre a natureza da ciência não é favorecida, pois os estudantes são apresentados a respostas de questões epistemológicas que eles, muitas vezes, nunca fizeram; os estudantes de ciências costumam possuir um conhecimento limitado acerca da História e Filosofia, dificultado o engajamento cognitivo em cursos que foquem estritamente em questões filosóficas.

Diante destes problemas, recomenda-se que as discussões sejam centradas no contexto de episódios históricos relacionados à ciência que os estudantes estão inseridos, a fim de que eles possam perceber conexões entre os conteúdos epistemológicos e o conhecimento e sua prática nas Ciências Naturais (EL-HANI, 2006).

Gandolfi e Figueirôa (2014) alertam que as abordagens históricas no ensino de ciência não devem se limitar à memorização de datas e eventos, mas sim permitir que os estudantes, com o auxílio de seus professores, busquem conhecer os contextos históricos e sociais em que os conhecimentos científicos foram desenvolvidos, propiciando mais sentido, contexto e conexão entre os conteúdos estudados.

Entretanto, é preciso destacar que a inserção de abordagens contextuais no ensino de ciências não está isenta de dificuldades. Os principais desafios identificados são: a falta de materiais didático satisfatórios para lidar com conteúdos históricos, a falta de tempo e a falta de capacitação do professor para lidar com questões históricas e filosóficas (MOURA; SILVA, 2014; PAGLIARINI, 2007; PRESTES; CALDEIRA, 2009). Matthews (1995, p.168) afirma, sobre essa questão, que:

Converter projetos de currículos em realidade de sala de aula requer novas orientações para a prática e a avaliação, novos materiais didáticos e, acima de tudo, a inclusão de cursos adequados sobre HFS [História, Filosofia e Sociologia] no treinamento de professores.

Como já explicitado, as abordagens históricas presentes em livros didáticos muitas vezes são problemáticas e promovem visões distorcidas acerca da natureza da ciência (AUGUSTO; BASILIO, 2018; CARNEIRO; GASTAL, 2005; PAGLIARINI, 2007). Neste sentido, Gandolfi e Figueirôa (2014, p. 294) afirmam que “[...] muitas vezes o professor esbarra na ausência de fontes de conhecimentos históricos disponíveis para o seu trabalho nas áreas das ciências, pois, na imensa maioria dos casos, não tem formação específica em História”.

É comum que o professor que deseja trabalhar com uma abordagem contextual tenha que produzir seu próprio material didático adequado aos seus objetivos. Neste sentido, Prestes e Caldeira (2009, p. 8) afirmam que:

Materiais históricos adequados à temática de cada curso particular requerem um enorme esforço de preparação. Devem ser elaborados com base em conhecimento aprofundado da História da Ciência, constituído por meio de metodologia e abordagem própria e atualizada de pesquisa da área. Requerem, também, transposição didática para a educação científica do nível básico.

Assim, a preparação de uma aula com abordagem contextual necessita de um trabalho cuidadoso para que o professor não cometa erros históricos nem perpetue inconscientemente as deformações sobre a natureza da ciência que deseja evitar.

É importante destacar que, com a crescente tendência de reaproximação entre História, Filosofia e Sociologia da Ciência e o ensino de ciências, muitas revistas e periódicos têm produzido textos de qualidade acerca do tema, os quais constituem ótimos materiais de referência para os professores. Muitos desses materiais estão disponibilizados gratuitamente na internet em português.

Além dos exemplos de revistas e periódicos já citados neste trabalho, destaca-se a publicação da edição especial da revista “Genética na Escola” em comemoração aos 150 anos de publicação do principal trabalho de Gregor Mendel que trouxe, além de uma tradução de um trabalho original de Mendel, vários textos com abordagens históricas e

filosóficas sobre a construção de seu trabalho e de cientistas anteriores e posteriores relacionados ao tema, assim como textos com enfoque específico no ensino de Genética (GENÉTICA NA ESCOLA, 2016).

Em relação a falta de tempo para a realização de abordagens contextuais, é fato que os currículos de ciências muitas vezes apresentam excesso de conteúdos exigindo que levemos em consideração as ideias defendidas por Ernst Mach sobre o assunto: devemos ensinar menos para se aprender mais (MATTHEWS, 1995, p. 169).

Entretanto, na impossibilidade por parte do professor de trabalhar na reformulação do currículo de ciências da escola em que trabalha, o problema persiste e, como afirmaram Prestes e Caldeira (2009, p.8):

A abordagem histórica implica em dar a conhecer as alternativas disponíveis em cada época para explicar um dado fenômeno, incluindo, portanto, teorias e conceitos que foram posteriormente descartados. Por essa razão, projetos históricos de grande escala tendem a assumir proporções bem mais extensas que um curso de ciências não histórico, o que pode ser um problema mediante a pequena carga horária das disciplinas científicas no currículo do Ensino Básico.

Diante desse problema, alguns pontos em defesa das abordagens contextuais podem ser levantados. Aulas com abordagem históricas não são necessariamente excessivamente extensas, é possível que o professor simplifique o conteúdo histórico a fim de adequar tanto à faixa etária do público alvo como ao tempo disponível (MATTHEWS, 1995).

Não é necessário abordar todo o contexto mais amplo de um certo conteúdo científico, o professor pode selecionar alguns aspectos (históricos, filosóficos, culturais, etc.) para dar mais destaque de acordo com seus objetivos educacionais. Além disso, não é necessário que todas as abordagens de um professor em um curso de ciências sejam abordagens contextuais. Ele pode inserir alguns momentos com abordagens históricas durante o período de um curso não histórico (PRESTES; CALDEIRA, 2009)

Em relação a falta de capacitação do professor, vários autores argumentam em favor da abordagem contextual na formação de professores das áreas de Ciências Naturais (EL-HANI, 2006; FORATO; GUERRA; BRAGA, 2014; FREIRE JR., 2002; GANDOLFI; FIGUEIRÔA, 2014; KAPITANGO-A-SAMBA, 2005; MATTHEWS,

1995; MOURA, 2014; MOURA; SILVA, 2014; PAGLIARINI, 2007; SCHMIEDCKE; PORTO, 2014; SILVA, 2013). El-Hani (2006, p. 11) resume esta necessidade ao afirmar que “obviamente, um docente não poderá ensinar aos estudantes concepções adequadas sobre a natureza da ciência se ele próprio possuir uma concepção inadequada”.

Matthews (1995) afirma que, além de promover um ensino de melhor qualidade, um professor que tenha conhecimento histórico e filosófico possui uma característica positiva até mesmo se esse conhecimento não for diretamente usado em pedagogia. Baseado nas ideias de Michael Polanyi (1891-1976), Matthews (1995, p. 188), ao destacar sobre quão estranho seria ver um professor de literatura que não soubesse nada sobre os elementos da crítica literária, afirma que:

[...] também deve ser estranho imaginar um bom professor de ciências que não detenha um conhecimento razoavelmente sólido da terminologia de sua própria disciplina – “causa”, “lei”, “explicação”, “modelo”, “teoria”, “fato” -; ou nenhum conhecimento dos objetivos muitas vezes conflitantes de sua própria disciplina - descrever, controlar, compreender-; ou mesmo nenhum conhecimento da dimensão cultural e histórica de sua disciplina.

É evidente, portanto, a necessidade da inclusão das abordagens históricas em cursos de licenciatura nas áreas científicas, além de cursos de formação continuada para professores.

Iniciativas neste sentido já têm sido realizadas alcançando resultados positivos, como é o caso da disciplina obrigatória chamada “Evolução do pensamento Científico” do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Bahia (UFBA) na qual são abordados conteúdos de História e Filosofia da Ciência com ênfase sobre a História e Filosofia da Biologia para um público de pesquisadores e professores em formação. Acerca dessa experiência, El-Hani (2006, p. 18) afirma que “[...] consideramos que a proposta pedagógica descrita neste trabalho, ao ser utilizada em sala de aula, mostrou ser capaz de contribuir para o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior”.

Outro exemplo é o trabalho realizado por Moura e Silva (2014), no qual relatam acerca de uma experiência em que aplicaram atividades em uma perspectiva de AMHIC em uma disciplina do curso de licenciatura em física da Universidade Federal do

Triângulo Mineiro (UFTM), cujo objetivo era trabalhar com a elaboração de projetos acerca do tema “História da óptica e do eletromagnetismo”. Os autores concluem, após a abordagem, que:

Os resultados da aplicação piloto do AMHIC indicaram que a abordagem trouxe uma nova visão da História da Ciência para os licenciandos participantes, modificando muitas de suas posturas e concepções em relação à Física, Ciência e à Educação. (MOURA; SILVA, 2014)

Augusto e Basilio (2018) identificaram quatorze dissertações e teses produzidas no Brasil até 2013 que abordam a formação de professores em uma abordagem contextual para cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas nas quais temas como a reprodução, conceito de organismo, Genética, Ecologia, interação biológica, Eugenia e Epistemologia da Biologia foram abordados, o que demonstra um crescente interesse nesta área de pesquisa.

Essa realidade remete às necessidades apontadas por Freire Jr. (2002) ao tratar dos obstáculos, potencialidades e limitações da abordagem contextual, afirmando que não é possível pensar em educação transformadora sem professores bem formados, com formação continuamente renovada e com remuneração e inserção social compensadoras. E, como demonstrado, temos boas evidências de que é possível contribuir para essa boa formação docente por meio das abordagens contextuais.

## **2.6. Abordagem contextual, ludicidade e histórias em quadrinhos**

A inserção de abordagens contextuais no ensino de ciências no contexto de formação de professores envolve um grande desafio pedagógico. D’ávila (2014) afirma que os estudantes do nível universitário têm se queixado dos cursos demasiadamente teóricos (e com pouca ou nenhuma inserção sobre a prática profissional) e dos professores que se baseiam predominantemente em uma abordagem pedagógica conteudista-transmissional, enquanto professores tem se queixado da falta de motivação dos estudantes. Esse tipo de abordagem também chamada de ensino tradicional tem sido apontada como uma das causas da crise no ensino de ciências (ORTIZ; SILVA, 2016; PEDREIRA, 2014).

Além disso, o conhecimento nessa perspectiva tende a ser apresentado de forma fragmentada, separando não apenas diferentes conceitos que podem ser interligados, mas também conceitos de seus contextos; entretanto, a separação não se encerra apenas no plano intelectual, visto que é notória a fragmentação física e afetiva entre estudantes e professores (D'ÁVILA, 2014). Como ressalta d'Ávila (2014, p. 89): “O que predomina são tons de voz monocórdios em longuíssimas exposições que perdem o sentido em poucas horas. Nada contra exposições verbais, desde que permitam a reflexão dos ouvintes e a sua participação”.

D'Ávila (2014) afirma que este problema está associado à uma má formação pedagógica de professores onde, muitas vezes, não se apresentam as possibilidades de mediações didáticas compartilhadas, lúdicas, criativas e críticas. Pedreira (2014, p. 25), ao criticar o ensino tradicional, afirma que “[...] situações lúdicas são essenciais para o estímulo da criatividade, relacionamentos sociais e inteligência, podendo facilitar também expressões de emoções, o que é igualmente importante na aprendizagem e na busca de novos conhecimentos”.

Neste sentido, a ludicidade é apontada como um aspecto a ser considerado em uma possível resposta ao problema da abordagem conteudista-transmissional. Luckesi (2014) afirma ser usual que, quando se fala em ludicidade, se compreenda, no senso comum, que estejamos nos referindo às “atividades lúdicas”, como brincadeiras infantis, entretenimento, atividades de lazer, etc.

Para esse autor, essas atividades, porém, podem ser “não lúdicas” a depender dos sentimentos presentes em quem estiver participando delas e, como ele destaca: “Será que podemos conhecer alguma coisa mais chata do que ser obrigado a praticar uma atividade, que todos dizem que é lúdica, mas, para nós, é uma chatice?” (LUCKESI, 2014). Assim, uma atividade pode ser lúdica em relação a uma pessoa e não ser, ao mesmo tempo, para outra.

Fica claro, portanto, que uma atividade não é nem lúdica nem “não-lúdica” por si só, pois depende do estado de ânimo de quem está participando e da circunstância em que participa da atividade; a qualidade de uma atividade depende da relação do sujeito que a vivência em uma determinada circunstância (LUCKESI, 2014).

Neste sentido, Luckesi (2014, p. 17) afirma que “[...] a *ludicidade* configura-se como um estado interno ao sujeito; contudo, as *atividades denominadas como lúdicas* pertencem ao domínio externo ao sujeito [...]”. D’Ávila (2014, p. 96) corrobora esta visão ao afirmar que “Ludicidade é um estado interno, uma atitude que vivencia uma experiência lúdica plenamente. [...] Como estado de ânimo, ludicidade é da ordem subjetiva do sujeito”. Esse estado de ludicidade se caracteriza pelo bem-estar, alegria e plenitude que se sente ao investir energia e tempo em uma determinada atividade (LUCKESI, 2014).

Luckesi (2014) destaca que o educador que deseja atuar em favor da ludicidade deve, primeiramente, cuidar de si mesmo: primeiramente do ponto de vista cognitivo, visto que é condição *si ne qua non* ao educador o domínio daquilo que ensina; depois, de seu estado emocional, já que as relações interpessoais intrínsecas ao trabalho docente são profundamente influenciadas pelo estado em que nos encontramos, isto é, se estamos alegres, tristes, calmos, agressivos, etc. Nessa perspectiva, Luckesi (2014, p. 21) afirma que:

Nesse contexto, cabe a pergunta: como um educador poderá conduzir uma prática educativa lúdica, se dentro de si não pode ser lúdico em função de sua biografia, assim como não pode manter uma relação saudável com os seus educandos em função de uma relação emocionalmente intempestiva que se dá com base nesse mesmo contexto?

Com base nesse pressuposto defendido por Luckesi (2014), podemos afirmar que a formação de professores em uma abordagem conteudista-transmissional dificulta que os estudantes alcancem a ludicidade em sala de aula, visto que, como afirma d’Ávila (2014, p. 89), “O desprazer se instala e muitas aulas são fadadas à monotonia [...]”, além de desfavorecer que esses mesmos conduzam uma prática educativa lúdica em suas salas de aulas pois a sua formação profissional, sua biografia, é marcada pelo antagonismo à ludicidade.

D’Ávila (2014) propõe que a dimensão lúdica é enriquecedora ao contexto universitário e, conseqüentemente, a formação de professores, pois partindo do pressuposto de que a aprendizagem não ocorre apenas no nível mental, é essencial dar

atenção à dimensão emocional e corpórea dos estudantes, sem negligenciar o aspecto mental e sem deixar de lado os conteúdos conceituais.

Assim, a dimensão da arte é um ingrediente indispensável ao ensino lúdico, pois: “Na linguagem artística, para além da elaboração intelectual, única, está a compreensão do sensível fenómeno “vida” com todos os seus ingredientes: sentimentos, conceitos, informações, conhecimentos” (D’ÁVILA, 2014, p. 98).

Neste contexto, as Histórias em Quadrinhos (HQs) são apontadas por vários autores como um recurso didático-pedagógico de carácter artístico com potencial enriquecedor para o ensino de ciências e, em especial, para o ensino de Biologia (ARAÚJO; COSTA. COSTA, 2008; BANTI, 2012; CARUSO; SILVEIRA, 2009; COSTA et al., 2006; PEDREIRA, 2014; PIZARRO, 2009).

Segundo Guimarães (2002), as HQs são definidas como expressões artísticas que visam expressar a ideia de movimento por meio de imagens estáticas, sem qualquer restrição quanto ao material utilizado para sua confecção (podem ser folhas de papel pintadas com nanquim, cavernas pintadas com corantes naturais, computadores, etc.), tendo maior potencial comunicativo quando são utilizadas sequências de imagens encadeadas.

Dentro da categoria HQ encontram-se as tirinhas, que são sequências narrativas compostos por dois a cinco quadrinhos que, por meio do uso de linguagem verbal ou não verbal, visam transmitir uma determinada mensagem – geralmente opinativa – envolvendo, normalmente, uma personagem principal em torno do qual outro gravitam (PEDREIRA, 2014). As tirinhas são histórias curtas, normalmente com tom humorístico, irônico ou com duplo sentido e, como afirma Pedreira (2014, p. 22), acaba “[...] exigindo dos autores a capacidade de produzir histórias que não promovam a memorização e que despertem a curiosidade”.

Caruso e Silveira (2009) destacam que vivemos em uma sociedade eminentemente visual, com predomínio dos aparelhos eletrônicos como mídias de massa e, neste contexto, as HQs são ferramentas que coadunam com a forma com que os estudantes lidam com a informação, pois transmitem uma mensagem rápida e dinâmica, atraindo a sua atenção. Os autores afirmam que “Não é à toa que cresce o número de questões

objetivas de vestibulares que usam charges e tirinhas” (CARUSO; SILVEIRA, 2009, p. 219).

Além de atrair a atenção dos estudantes, vários outros benefícios são identificados na literatura especializada em relação ao uso de HQs no ensino: elas podem auxiliar na aprendizagem da leitura e da escrita; podem promover uma maior significação de conceitos; podem estimular a criatividade e o protagonismo do estudante no processo de ensino-aprendizagem; é uma atividade lúdica e pode promover a ludicidade em sala de aula; permitem identificar a imagem de ciência e dos cientistas compartilhada por meios de comunicação de massa como gibis ou mesmo a visão dos próprios estudantes quando estimulados a produzir HQs sobre o tema; são importantes recursos para os processos de avaliação, pois os estudantes podem produzir HQs acerca de temas abordados, o que exigirá uma grande mobilização de conhecimentos adquiridos para a sua criação (ARAÚJO; COSTA; COSTA, 2008; BANTI, 2012; CARUSO; SILVEIRA, 2009; COSTA et al., 2006; PEDREIRA, 2014; PIZARRO, 2009).

Araújo, Costa e Costa (2008) afirmam que é essencial que o professor tenha clareza quanto aos objetivos educacionais que visa alcançar com o uso de HQs em sala de aula. Testoni (2004), neste sentido, categorizou alguns possíveis usos das tirinhas em um contexto educacional:

- (I) Caráter ilustrativo: a principal função é representar de forma gráfica algum fenômeno previamente estudado; a história normalmente apresenta um tom humorístico, a fim de descontrair o estudante e fazê-lo refletir acerca do tema. A seguir apresentamos uma HQ que exemplifica esse aspecto (Figura 1):

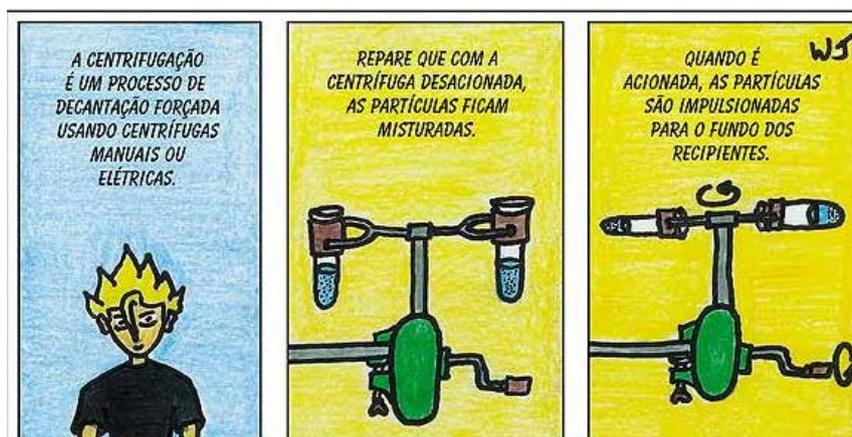
**Figura 1** - tirinha com caráter ilustrativo sobre o tema “fagocitose”.



Fonte: (ANGELO BRANCO, 2018)

- (II) **Caráter Explicativo:** a história busca, através do enredo, explicar um determinado fenômeno. Testoni (2014) destaca que este tipo de HQ não é muito presente em materiais didáticos, mas pode ser utilizado em sala de aula por meio de atividades que estimulem os próprios estudantes a construir suas HQs, exigindo dele alguma capacidade artística e, necessariamente, algum conhecimento sobre os conteúdos estudados. A seguir apresentamos uma HQ que exemplifica esse aspecto (Figura 2):

**Figura 2** - tirinha com caráter explicativo sobre a centrifugação.



Fonte: (EDUHQ, 2018)

- (III) **Caráter motivador:** visa motivar o estudante a se interessar pelo assunto abordado, normalmente com o uso do tom cômico. Costuma ser utilizada no início de textos e de aulas. A seguir apresentamos uma HQ que exemplifica esse aspecto (Figura 3):

**Figura 3** - tirinha com caráter motivador sobre o tema "Leis de Newton".



Fonte: (CEI, 2018)

- (IV) Caráter instigador: a principal função é apresentar uma situação ou problema que instigue o estudante a refletir sobre o assunto tratado. A história é apresentada no início da aula, servindo de base para a discussão posterior do tema. A seguir apresentamos uma HQ que exemplifica esse aspecto (Figura 4):

**Figura 4** - figura com caráter instigador sobre o tema “Mecânica”.



Fonte: (GREF, 1998 apud TESTONI, 2004, p. 28)

Nesse sentido, inclusão de abordagens contextuais no ensino de ciências, em especial no que diz respeito a formação de professores, pode ser enriquecida por meio do ensino lúdico, isto é, por meio de um ensino que considere não apenas a dimensão conceitual dos conteúdos científicos e o aspecto mental dos estudantes, mas também leve em conta os aspectos corpóreos, emocionais e afetivos, promovendo a inclusão da linguagem artística no espaço educacional a fim de promover uma maior interação dos estudantes (entre si, com o professor e com os conteúdos abordados), o estímulo à criatividade, a promoção da ludicidade e uma compreensão mais rica e complexa dos conteúdos. Neste sentido, as HQs fornecem muitas possibilidades pedagógicas, podendo enriquecer o ensino de ciências e, em especial, o ensino de Biologia.

## **2.7. História, Filosofia e Sociologia da Ciência: o caso da Biologia**

Vários autores apontam evidências de que o ensino de Biologia não é uma exceção ao quadro geral de crise no ensino de ciências, assim como identificam que a inserção de

História, Filosofia e Sociologia podem trazer contribuições relevantes para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem (CARNEIRO; GASTAL, 2005; CORRÊA et al., 2010; EL-HANI, 2006; FLACH; PINO, 2016; NASCIMENTO, 2010; PEDREIRA, 2014; ORTIZ; SILVA, 2016).

Pedreira (2014) afirma que o chamado ensino tradicional (conteudista) tem levado à uma fraca construção de conhecimentos e Flach e Pino (2016, p. 241) indicam que a inclusão de História e Filosofia da Biologia pode oferecer alternativas a esse tipo de ensino, visto que “elencar aspectos históricos da construção e consolidação das diferentes teorias científicas através dos séculos pode ser determinante na compreensão de tais fenômenos e do caráter dinâmico da Ciência”.

Várias discussões acadêmicas na área da Biologia demandam uma compreensão mais ampla dos aspectos históricos e filosóficos que circundam a construção do conhecimento científico, sendo essencial que os professores considerem uma abordagem contextual no contexto educacional (FLACH; PINO, 2016).

Quando esses aspectos são ignorados por abordagens meramente conteudistas, os professores podem ser responsáveis por perpetuarem aos estudantes certas posições filosóficas e históricas específicas – de forma explícita ou implícita e muitas vezes errôneas – sem qualquer análise crítica (MATTHEWS, 1995).

A seguir, apresentamos uma breve discussão sobre os principais pontos de debate e dificuldades históricas e filosóficas acerca do tema “História da Genética: o caso da herança mendeliana”, o qual consideramos relevante para o ensino de Biologia e que necessita de uma abordagem contextual para a construção de uma melhor compreensão sobre conteúdos científicos em um contexto mais amplo.

### **2.7.1. História da Genética: o caso da herança mendeliana**

As abordagens históricas sobre Mendel costumam adotar a forma de uma “história anedótica”, como definida por Carneiro e Gastal (2005), assumindo a seguinte estrutura apontada por El-Hani (2016): Mendel foi o primeiro cientista a propor uma teoria da hereditariedade baseada nas duas leis que levam seu nome, as quais foram expostas em

seu trabalho publicado em 1866, o qual já mencionava genes situados nos cromossomos – que Mendel denominou de fatores – e sua distribuição pelas células-filhas nas divisões meióticas; Mendel fora um monge isolado num mosteiro em Brünn, inicialmente ignorado pela comunidade científica e que depois foi redescoberto no século XX, sendo “vingado” pela história e tendo seu papel fundador reconhecido na História da Genética. Segundo Brandão e Ferreira (2009, p. 55):

Uma das tarefas mais complexas para o professor de Biologia do ensino médio é o início do conteúdo de Genética. Normalmente, se começa esse estudo pela abordagem clássica e histórica, que considera as contribuições dos experimentos e leis derivadas da pesquisa de Gregor Mendel como sendo o início da Genética. Nesse sentido, uma das principais dificuldades do professor ao ensinar a disciplina é contextualizar o período histórico e as idéias de Mendel

Este problema decorre do que El-Hani (2016) chama de o Mendel Mítico, isto é, uma série de compreensões incorretas e anacrônicas acerca do papel de Mendel na História da Genética que estão presentes tanto na literatura científica como na ciência escolar.

A ideia de que Mendel fundou a Genética sozinho é errônea pois, como afirmam Martins e Prestes (2016, p. 267), “cada estudioso, assim como cada trabalho produzido, está sempre inserido em um contexto amplo que abrange não apenas interlocutores e tradições de estudo, como também aspectos sociais, político e econômicos de cada época”. Visões como esse promovem deformações sobre a natureza da ciência, como a concepção individualista e elitista da ciência e uma visão socialmente neutra da ciência (PÉREZ et al., 2001).

É interessante notar que o próprio Mendel, em seu artigo “Experiências sobre híbridos vegetais” de 1866, afirmou que seu trabalho se relacionava com pesquisas de outros cientistas anteriores e contemporâneos: “A este objetivo [isto é, experiências de fertilização artificial] vários cuidadosos observadores, como Kölreuter, Gärtner, Herbert, Lecoq, Wichura e outros, devotaram parte de suas vidas com incansável perseverança”. (FREIRE-MAIA, 1995, p.53).

Martins e Prestes (2016) também destacam que nem mesmo estudos envolvendo cruzamentos experimentais de ervilhas eram exatamente uma novidade, visto que

pesquisadores como John Gross e Alexander Seton já haviam realizado experimentos nesse sentido.

Mendel também contou com as contribuições do abade Cyrill Napp (1792-1867), chefe do Mosteiro de Brunn pois, como destaca Andrade e Silva (2016), Napp foi membro, consultor e presidente das principais sociedades agropecuárias da Morávia e lidava com questões levantadas por seus sócios sobre, como por exemplo, como realizar a fertilização artificial para criar e selecionar novas variedades de plantas. O abade possuía grande conhecimento e autoridade em matéria de agricultura, horticultura e criação de carneiros e, nesse contexto, se perguntava sobre questões envolvendo a herança de caracteres em variedades e raças economicamente importantes.

O chefe do mosteiro promovia encontros científicos e cursos de formação, como um curso ministrado por Franz Diebl (1779-1859) no qual foi ressaltada a importância do pareamento de plantas com diferentes caracteres a fim de criar variedade produtivas. A ervilha e o feijão eram espécies propícias para a investigação sobre a herança e sobre que disciplinas irmãs poderiam ajudar a investigar sobre os mistérios da herança; além disso, Napp também financiou os estudos de Mendel na Universidade de Viena, incentivou que o mesmo participasse de sociedades científicas e cursos de formação, além de custear a construção da estufa no qual Mendel realizou seus trabalhos experimentais.

Entretanto, apesar de haver um aspecto econômico interligado a questão dos híbridos, Brandão e Ferreira (2009) afirmam que a hipótese levantada por alguns autores de que Mendel foi compelido a investigar sobre híbridos por demandas econômicas de produtores locais da Morávia não é correta, já que o monge estava inserido em uma cultura científica que já investigava essas questões por interesses acadêmicos.

Mendel também teve uma formação que envolvia diversas áreas de conhecimento e que certamente o influenciaram de alguma forma, participando de cursos de formação em física experimental com Christian Doppler (1803-1853); anatomia e fisiologia vegetal com Franz Unger (1800-1870); cálculo, análise combinatória e uso de tábuas de logaritmo e trigonometria com Franz Moth (1802-1879) e Andreas von Ettingshausen (1796-1878); além de anatomia e sistemática de plantas com Eduard Fenzl (1808-1879) (ANDRADE; SILVA, 2016; MARTINS; PRESTES, 2016).

Todas essas influências foram importantes para que Mendel formulasse seu delineamento experimental, o qual partia de pressupostos como: algumas leis do mundo natural podem ser expressas por relações matemáticas representando unidades discretas; é necessário analisar os caracteres estudados em mais de uma geração, algo não muito comum entre outros pesquisadores da área; é preciso controlar certas variáveis (como o clima ou a presença de insetos) que podem afetar o resultado dos experimentos (ANDRADE; SILVA, 2016). Isso demonstra que a experimentação de Mendel não era “neutra”, mas partia de pressupostos teóricos, como é característico da atividade científica (Moura, 2001).

Outra questão problemática em relação as abordagens históricas sobre o trabalho de Mendel é definir qual era o objetivo do trabalho de Mendel. El-Hani (2016) afirma que praticamente qualquer pessoa com conhecimento sobre Mendel provavelmente responderia que ele buscava compreender sobre a “herança”. Entretanto, é importante ressaltar que o termo “hereditariedade” (e seus derivativos na língua alemã) sequer aparece em seu principal trabalho, visto que seu real objetivo era responder se a hibridização poderia produzir novas espécies (EL-HANI, 2016). Brandão e Ferreira (2009, p. 47) compartilham da mesma opinião ao afirmar que “Mendel estava interessado no desenvolvimento e evolução dos híbridos e seus descendentes”.

Lorenzano (2007, p. 374), neste sentido, afirma que:

En conclusión, Mendel podría ser considerado un investigador que trabaja, de un modo similar a la de los “criadores”, en la tradición “hibridista”, pero que lleva a cabo un tratamiento novedoso (respecto de los hibridistas y aun de los criadores que lo precedieron o contemporáneos) de los rasgos o características (siendo éste un análisis matemático o estadístico), sin proponer exactamente aquello que luego sería conocido con el nombre de “genética clásica”, “formal” o, incluso, “mendeliana”.

El-Hani (2016) destaca neste sentido, que é preciso evitar realizar uma leitura anacrônica e descontextualizada dos textos científicos. Como este autor afirma:

O caso do texto de Mendel é uma ilustração disso: se não o lermos com o devido cuidado, repetidamente interpretaremos o que está sendo dito com os olhos que nos foram dados pelo que aprendemos sobre ele desde

a educação básica. É claro que seu estudo terminou por ser central para nossa compreensão de como características são herdadas. Mas, isso responde mais sobre os interesses que a posteridade teve pelo seu trabalho do que sobre os interesses do próprio Mendel. (EL-HANI, 2016, p. 277).

Outro erro comum é associar a Mendel a utilização de termos como “alelo”, “homozigoto”, “heterozigoto”, da notação “F1”, “F2” (termos propostos por William Bateson); dos conceitos de “gene”, “fenótipo” e “genótipo” (propostos no final da década de 1900 por Johannsen); assim como a vinculação dos caracteres hereditários aos cromossomos (que só foi realizada de fato na chamada “Hipótese de Sutton e Boveri”, no início da década de 1900) (MARTINS, PRESTES, 2016). El-Hani (2016) também destaca que as chamadas “Leis de Mendel” não são formuladas no artigo original de Mendel da mesma maneira que são apresentadas nos textos escolares atuais.

El-Hani (2016) também ressalta que Mendel não usou o substantivo “dominância” nem o verbo correspondente em seu texto original, mas apenas o adjetivo “dominante”, o que indica que ele não compreendia a dominância como uma propriedade causal e tampouco entendia que a ideia de dominância era a regra geral da relação entre caracteres – o próprio Mendel descreveu que o tempo de floração da *Pisum sativum* apresentava dominância incompleta no seu trabalho de 1866. Neste sentido, o conceito “mendeliano de dominância” não é o conceito que tem sido ensinado nas escolas, que acaba por associar um conceito posterior a Mendel de forma anacrônica (EL-HANI, 2016).

O uso do termo híbrido também pode gerar confusões se utilizado sem considerar o contexto em que está inserido pois, como afirmam Brandão e Ferreira (2009, p. 56):

[...] termo híbrido nos dias atuais é utilizado para designar aquele organismo proveniente do cruzamento entre dois indivíduos de espécies diferentes, mas na época tal termo era utilizado para designar os descendentes de um cruzamento entre indivíduos de variedades pouco diferentes.

Há também uma controvérsia na literatura histórica sobre o que Mendel queria dizer exatamente com o termo “caractere” ou “fator” (*Merkmale*, no original em alemão). El-Hani (2016) propõe que Mendel se referia ao que nós chamamos hoje de fenótipo, sem mobilizar a ideia de que haveria uma menção ao que chamamos atualmente de genótipo,

ou seja, Mendel não estaria tratando de elementos hereditários particulados. Já Andrade e Silva (2016) afirmam que, para Mendel, o “caractere” era algo que estava na célula, segregava na formação dos gametas e voltava a se juntar, após a fecundação, em unidades discretas, algo que, segundo os autores, era uma proposta corajosa visto que não era passível de verificação experimental naquele momento, sendo somente uma construção racional.

Outra questão polêmica acerca da história de Mendel se dá acerca do aparente esquecimento que seu trabalho teve por quase quatro décadas após sua publicação. É possível questionar se o trabalho do monge foi de fato esquecido, visto que fora citado por diversos artigos e livros sobre o tema da hibridização antes do ano de 1900 (MARTINS; PRESTES, 2016). Entretanto, é somente no século XX que o trabalho de Mendel teve grande impacto no desenvolvimento da Genética moderna (ANDRADE; SILVA, 2016; BRANDÃO; FERREIRA, 2009; EL-HANI, 2016; MARTINS; PRESTES, 2016).

Diferentes autores (ANDRADE; SILVA, 2016; EL-HANI, 2016; BATISTETI; ARAÚJO; CALUZI, 2010) elencaram algumas hipóteses que foram levantadas para explicar esse possível esquecimento ou rejeição das pesquisas de Mendel, como:

- (I) O trabalho de Mendel foi publicado em uma revista científica periférica: esta hipótese é extremamente falha pois o trabalho de Mendel foi publicado na revista da “Sociedade de História Natural de Brünn” o que, na época, certamente era algo acessível para um pesquisador na área, além de ter sido publicada posteriormente em uma revista de maior circulação chamada “*Proceedings of the Natural History Society*”. Destaca-se também o fato de que Karl Nägeli (1817-1891), importante pesquisador da época, leu o trabalho de Mendel, além de ser provável que Charles Darwin (1809-1882) tenha tido contato com o trabalho do monge por meio de um artigo de Hermann Hoffmann (1819-1891).
- (II) O trabalho de Mendel possuía uma abordagem matemática: esta hipótese afirma que os naturalistas podem ter tido dificuldades em compreender as pesquisas de Mendel devido ao seu caráter matemático. Entretanto, trabalhos com abordagem matemática já eram realizados naquela época. Por exemplo,

Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin, tinha uma vasta produção de trabalhos ligados à Matemática e à Biologia.

- (III) O modelo de Mendel era “muito abstrato”: o trabalho de Mendel pode ter sido rejeitado por se apoiar em explicações que tinham como base objetos abstratos como os “caracteres”, não satisfazendo as expectativas por provas experimentais dos cientistas da época. Entretanto, essa hipótese depende da suposição de Mendel realmente entedia os “caracteres” como um conceito que contemplava o que entendemos hoje como “genótipo”. Além disso, ela se baseia na ideia errônea de que o trabalho científico seria, de forma geral, pouco abstrato. Entretanto, as teorias científicas são modelos e mesmo que o trabalho científico envolva experimentações e observações, ele é fortemente abstrato.
- (IV) O modelo mendeliano de herança não agradava as perspectivas vigentes sobre a herança: o modelo de Mendel explicava que a herança de caracteres se caracterizava pela invariância – eles não sofrem mistura nem qualquer mudança ao longo das gerações, repetindo-se sempre em proporções fixas – não agradando os evolucionistas de sua época. Ele também não agradaria os fixistas, pois a ideia de que as proporções mendelianas eram obtidas por cruzamentos e arranjos era incompatível com a ordem estabelecida por Deus. Entretanto, essa hipótese parece supor que Mendel propôs um modelo de herança, o que é discutível, visto que sua pesquisa tinha como referência a hibridização de plantas.
- (V) A perspectiva mendeliana sobre os híbridos estava em desacordo com as perspectivas vigentes sobre o problema da herança: diferentemente da hipótese anterior, essa visão afirma que Mendel tratava sobre a hibridização, mas que sua visão era incompatível com as ideias e discussões da época. Darwin, por exemplo, ao analisar seus experimentos com *Anthirrinum majus*, propôs que a reversão parental também identificada por Mendel em *Pisum sativum* se daria devido a mudança sofrida pela “prepotência” das gêmulas (entidades postuladas em sua teoria da pangênese) com as circunstâncias ambientais, o que é uma explicação completamente diferente da formulada por Mendel. Havia, neste período, grandes discussões acerca da teoria

darwinista da origem das espécies e a aparente falta de conexão entre as ideias de Mendel e as questões apresentadas por Darwin podem ter sido um fator importante para o esquecimento.

A chamada redescoberta dos trabalhos de Mendel em 1900 foi realizada por três pesquisadores, Hugo de Vries (1848-1933), Carl Eric Correns (1864-1933) e Erich von Tschermak-Seysenegg (1871-1932), sendo que pesquisadores como Wilhelm Ludwig Johannsen (1857-1927) e William Bateson (1861-1926) também se engajaram na busca por averiguar a validade dos princípios de Mendel em outros organismos (MARTINS; PRESTES, 2016). Esses cientistas ficaram conhecidos como mendelistas e interpretaram que era possível deduzir leis gerais sobre a herança a partir do trabalho de Mendel, compreendendo que os “caracteres” ou “fatores” postulados pelo monge eram de natureza particulada, ideias estas que costumam ser atribuídas a Mendel na ciência escolar (MATIOLI; EGGERS, 2016).

Conforme destacado por Lorenzano (2007), seria mais correto dizer, entretanto, que não houve um redescobrimto, mas sim uma reinterpretção de seu trabalho que envolveu a projeção de problemáticas e conceitos próprios do contexto destes cientistas e que não eram encontradas diretamente no trabalho de Mendel.

De Vries, Correns e Tschermak estavam trabalhando em um período de investigação “desorganizada” com objetivos distintos e que, em algum momento, acabaram lidando com o trabalho de Mendel (LORENZANO, 2007). Neste sentido, afirma Lorenzano (2007, p. 377) que:

*Además, ninguno de ellos creyó en la validez universal de aquello que le adjudicaron a Mendel. Por otro lado, lo que “redescubrieron”, es decir, lo que exponen en sus trabajos del año 1900, no es lo posteriormente presentado como genética clásica.*

Segundo Lorenzano (2007), só podemos dizer que a Genética se torna uma disciplina “separada” a partir do trabalho de William Batenson (1861-1926) e seus colaboradores, mas não sem dificuldades e muitos debates. Um dos principais fatores que possibilitaram essa mudança foi o gradual distanciamento das questões sobre variância e herança em relação aos problemas evolutivos e embriológicos até ao ponto de que surgissem uma nova disciplina, a Genética (LORENZANO, 2007).

Entretanto, a perspectiva de Bateson é diferente do que se chama de “Genética Clássica” nos livros didáticos. Bateson formulou uma teoria da herança conhecida como mendelismo, baseada em fatores responsáveis pela transmissão e manifestação de certas características e que são encontrados aos pares nas células, se separando durante a formação dos gametas e são transmitidos de pais para filhos, sendo que os únicos estados possíveis de qualquer fator presente no gameta são ou sua presença ou sua ausência, o que era suficiente para explicar várias proporções encontradas nos cruzamentos de híbridos (LORENZANO, 2007).

Morgan e seus discípulos foram os primeiros a tratar explicitamente da “lei de segregação dos genes” e da “lei de transmissão independente dos genes”, se referindo a elas como “primeira e segunda lei de Mendel” na forma como é possível encontrar na literatura científica, diferindo substancialmente da forma como Bateson interpretava os fatores: enquanto para Bateson só havia “presença e ausência, para Morgan os fatores, chamados de alelos, possuem muitas formas alternativas (LORENZANO, 2007). Neste sentido Lorenzano (2007) afirma que:

*De este modo, mientras que con el trabajo de Bateson se obtiene la cristalización del primer programa de investigación, paradigma o teoría en genética, el de Morgan y colaboradores debería ser considerado un programa de investigación, paradigma o teoría sucesor.*

Neste sentido, é incorreto dizer que Mendel é o fundador da Genética Clássica, pelo menos não no sentido em que comumente ela é apresentada nos livros didáticos dos diversos níveis educacionais. O surgimento da Genética é fruto de um longo processo histórico que contou com a contribuição de diversos atores distintos em diferentes contextos.

Esses são apenas alguns dentre vários outros problemas e desafios presentes na História da Genética que apontam em favor da necessidade de que professores de ciências tenham formação histórica e filosófica para que possam apresentar aos estudantes uma não deformada acerca de conteúdos científicos e da natureza da ciência. El-Hani (2016, p. 285), neste sentido, afirma que:

A visão idealizada tem marcado o modo como Mendel é apresentado a cada geração de estudantes, da educação básica à pós-graduação,

mediante o uso de conceitos superficiais que parecem autorizar-nos a pensar em avanços geniais conseguidos por experimentos cruciais. Mas, desse modo, perde-se a compreensão da natureza do trabalho científico. Retomar a natureza humana e social desse trabalho é fundamental para que um entendimento mais sofisticado da ciência emerja. Isso passa pelo questionamento de mitos como o de Mendel (ou o de Darwin, ou o de Newton, entre tantos outros).

### **3. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS**

#### **3.1. Caracterização da pesquisa**

A presente pesquisa é de caráter qualitativo. Nesse tipo de investigação não há a busca por enumerar ou medir eventos, mas procura-se entender os fenômenos segundo a perspectiva dos participantes da situação e, a partir daí, é realizada a interpretação dos fenômenos (NEVES, 1996). Acreditamos que esse tipo de pesquisa é mais adequado para a análise do objeto em questão, isto é, o ensino de ciências, dada a sua complexidade. Entretanto, a abordagem qualitativa não exclui que alguns dados recebam tratamento quantitativo a fim de permitir uma compreensão mais ampla dos fenômenos observados, conforme indicado por Neves (1996).

A investigação consistiu na participação real do pesquisador com o grupo estudado, se configurando uma observação participante (MARCONI; LAKATOS, 2003). A participação do investigador nas atividades do grupo ocorreu por meio da construção de uma Sequência Didática junto ao público alvo escolhido.

#### **3.2. Contexto da pesquisa**

##### **3.2.1. Público-alvo**

A pesquisa foi realizada na disciplina optativa denominada “Recursos Didáticos em Ensino de Ciências” (código 196541) do curso de Licenciatura em Ciência Naturais na Faculdade UnB Planaltina (FUP) no 2º semestre de 2018.

Houve 10 participantes na pesquisa, sendo 8 do sexo feminino e 2 do sexo masculino, com idades entre 19 e 36 anos e que cursavam do 4º ao 11º semestre do curso

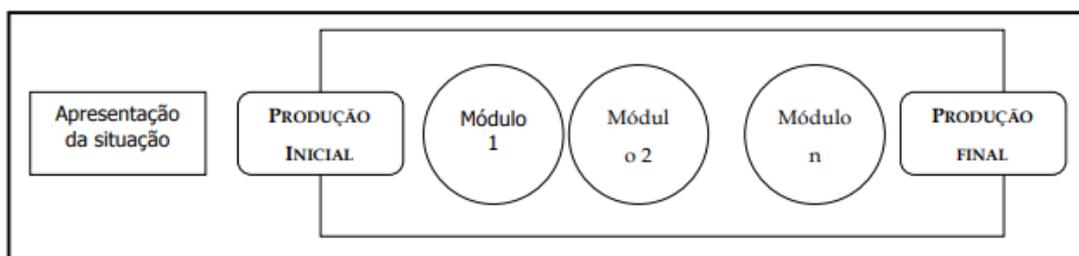
de Licenciatura em Ciências Naturais. Os participantes receberam nomes fictícios a fim de manter o sigilo de suas identidades.

A escolha desse contexto se deve ao fato de que o curso em questão se destina à formação de professores da Educação Básica na disciplina de Ciências Naturais, os quais devem ser habilitados a abordar temas da área de Genética, como indicado pela BNCC (2018).

### 3.2.2. Sequência Didática

Uma SD é um conjunto de atividades escolares organizadas sistematicamente em torno de um determinado tema (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004). Apesar de inicialmente pensada para o ensino de gêneros textuais, as SDs podem ser usadas para abordar diferentes temas. A estrutura base de uma SD pode ser representada da seguinte forma:

**Figura 5** - Esquema de Sequência Didática.



Fonte: (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 98)

Na etapa “apresentação da situação”, o professor expõe aos estudantes os dados necessários para que os mesmos conheçam o projeto a ser realizado; na “produção inicial”, os estudantes produzem algo que permita a avaliação de seus conhecimentos prévios, assim como permite que o professor realize ajustes das atividades previstas a fim de alcançar as dificuldades identificadas; nos “módulos”, o professor busca trabalhar os conteúdos por meio de atividades variadas a fim de que os estudantes superem suas dificuldades; por fim, a “produção final” permite que os estudantes coloquem em prática suas aprendizagens adquiridas nos módulos, assim como permite que o professor avalie os resultados obtidos (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004).

Neste trabalho, entretanto, optamos por modificar um aspecto desse esquema, não realizando apenas uma produção inicial e outra ao término dos módulos, mas incluímos, além dessas, várias produções em cada um dos módulos a fim de acompanhar o desenvolvimento dos participantes durante todo o desenvolvimento da SD.

A SD visou promover uma abordagem contextual no ensino de Genética, tendo como tema principal a “Herança Mendeliana”. Esse tema foi explorado a partir do levantamento de aspectos históricos e filosóficos sobre a natureza e o contexto do trabalho de Mendel, identificando o impacto das ideias e trabalhos de cientistas anteriores e contemporâneos em suas pesquisas, assim como a influência de aspectos sociais na escolha de seu objeto de pesquisa.

Temas filosóficos como a relação teoria-experimentação, o problema do método científico e os limites e natureza das explicações científicas também foram discutidos a partir da apresentação dos episódios históricos. Além disso, foi abordado o contexto da chamada “redescoberta” do trabalho de Mendel no século XX e as implicações da reinterpretação que ele sofreu.

A abordagem histórica escolhida para a construção da SD se caracteriza, segundo a definição de Pessoa Jr. (1996), como um “Perfil epistemológico de alguns grandes cientistas”, pois Mendel e os mendelistas foram escolhidos para uma análise sobre como formularam suas ideias, quais foram seus desafios, influências, erros, implicações de suas ideias, etc., além de se enquadrar também como uma “História externalista ou social da Ciência”, pois buscamos fazer uma análise do contexto social em que o trabalho desses cientistas se desenvolveu e sobre quais foram as implicações de seus trabalhos nos anos seguintes, além de considerar as implicações sociais de certas ideias científicas relacionadas a esse contexto.

Utilizamos HQs como recursos didáticos a fim de favorecer o surgimento da dimensão lúdica. Elas foram utilizadas com um caráter instigador, visando apresentar uma situação relacionada ao tema da aula a fim de estimular a reflexão dos estudantes e servir de fio condutor das discussões. Além disso, os estudantes produziram HQs que serviram como instrumento de aprendizagem e avaliação, conforme indicado por Testoni (2004).

Além das HQs, utilizamos como recursos didáticos os seguintes artigos da edição especial da revista “Genética na Escola” em comemoração aos 150 anos da publicação do principal trabalho de Gregor Mendel: “Mendel e depois de Mendel” (MARTINS; PRESTES, 2016), “O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na História da Genética” (EL-HANI, 2016) e “O Mendel que não era mendelista” (MATIOLI; EGGERS, 2016). Esses artigos foram utilizados de forma integrada com as HQs durante todo o percurso da SD.

### **3.2.3. Construção de dados**

Durante a realização da SD utilizamos um diário de campo, isto é, um caderno de notas onde o pesquisador registra conversas, comportamentos, manifestações dos interlocutores assim como suas impressões pessoais acerca do fenômeno investigado, impressões estas que podem se modificar com o tempo (ARAÚJO et al., 2013). Segundo Araújo et al. (2013), a finalidade do diário de campo não é apenas o registro das estratégias metodológicas empregadas na pesquisa, mas se constitui como um modo de compreender o objeto de estudo em suas múltiplas dimensões.

Todas as aulas foram gravadas em formato de áudio, possibilitando assim uma análise posterior das manifestações dos estudantes participantes durante a construção da SD, o que permitiu identificar concepções, dúvidas e interesses dos estudantes que não foram registrados no diário de campo.

Aplicamos um questionário com questões abertas (Apêndice 2) antes do desenvolvimento da SD, afim de identificar as concepções prévias dos estudantes acerca dos assuntos abordados. Um segundo questionário (Apêndice 4) foi aplicado ao final da sequência a fim de identificar as opiniões dos participantes acerca da SD e das estratégias e recursos utilizados durante a disciplina.

Marconi e Lakatos (2003) afirmam que a elaboração de questionários exige o cuidado na seleção das questões, as quais devem ser agrupadas em temas de acordo com os objetivos da pesquisa. Neste sentido, elaboramos questões que se enquadram nos seguintes temas: “concepções acerca da natureza da ciência” e “concepções sobre História

da Genética” O questionário aplicado ao final da SD incluiu questões sobre o tema “avaliação da sequência didática”.

Além disso, conforme Araújo, Costa e Costa (2008), as HQs são ferramentas que permitem a produção e disseminação de conhecimentos e, portanto, se configuram como um importante recurso avaliativo no processo de ensino-aprendizagem. Nesse sentido, propusemos aos participantes dessa pesquisa a produção de HQs sobre os temas abordados, as quais serviram de fonte de informações sobre suas concepções.

#### **3.2.4. Análise de dados**

Para a análise dos dados obtidos por meio do diário de campo, gravações de áudio, questionários e HQs produzidas pelos participantes utilizamos o método da análise de conteúdo que consiste na interpretação e inferência de conteúdos textuais presentes em documentos de diversos tipos, utilizando-se de técnicas que permitam explicitar e sistematizar o conteúdo das mensagens e da expressão desse conteúdo (BARDIN, 2011). Ferreira e Loguecio (2014, p. 46) afirmam que:

A detalhada descrição e a discussão sobre a análise de conteúdo permitem evidenciá-la como uma importante estratégia de subsídio às pesquisas em ciências sociais e humanas, notadamente na área de Educação em Ciências, sobretudo por sua propriedade de desvelação de conteúdos utilizados na interpretação de documentos.

Esse tipo de análise permite a combinação de duas dimensões: qualitativa, de caráter subjetivo, com enfoque na derivação de significados e na verificação de hipóteses; e quantitativa, de caráter objetivo com enfoque na descrição de frequência de palavras, temas ou outras unidades – esta última, entretanto, não é imprescindível à análise de conteúdo (FERREIRA; LOGUECIO, 2014).

Segundo Bardin (2011), a análise de conteúdo organiza-se em torno de três polos cronológicos:

(I) Pré-análise, que consiste na organização e preparação do material de investigação através de trânsitos pelos documentos, leituras “flutuantes”, formulação de hipóteses e objetivos, referenciação dos índices e elaboração de prováveis indicadores de análise. Assim, constitui-se o *corpus*, ou seja, o conjunto de documentos levado em conta

para serem submetidos à análise, que é guiado por quatro regras: (i) exaustividade, isto é, todos os elementos do *corpus* devem ser considerados a menos que haja algum critério devidamente embasado teoricamente que justifique a exclusão de algum elemento; (ii) representatividade, ou seja, a análise pode ser feita por amostra se, e somente se, ela for representativa do todo; (iii) homogeneidade, isto é, a escolha dos documentos deve seguir critérios de similaridade; e (iv) pertinência, ou seja, a escolha dos documentos deve estar de acordo com os objetivos da análise. A seleção de texto, categorização e codificação realizada nessa etapa estabelece parâmetros que fundamentam as etapas posteriores.

(II) Exploração do material: se caracteriza pelo esforço de sistematizações, enumerações e operações de codificação guiados pelos objetivos, hipóteses e referenciais teóricos da pesquisa.

(III) Tratamento dos resultados, inferência e interpretação: os resultados brutos são tratados, submetidos a provas estatísticas e/ou a testes de validação, permitindo que o analista tenha à sua disposição resultados significativos e fiéis que sirvam de base para que proponha novas inferências e adiante interpretações acerca dos objetivos previstos e/ou a descobertas inesperadas.

Utilizamos, neste trabalho, a técnica de “Análise Categórica”, que consiste em operações de desmembramento do texto em unidades ou categorias, organizando-as por similaridade com base em objetivos e referências teóricas estabelecidos previamente na pesquisa (BARDIN, 2011).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO\***

### **4.1. Construção da Sequência Didática**

Apresentamos o seguinte quadro com a organização da SD, no qual constam as temáticas, objetivos, estratégias e tempo/forma de cada um dos Módulos/Momentos que a compõem:

**Quadro 1** - Descrição dos Módulos/Momentos, temáticas, objetivos, estratégias e tempos/formas da SD.

<b>Módulo/Momento</b>	<b>Temática</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Estratégias didáticas/Atividades</b>	<b>Tempo /Forma</b>
<b>Módulo Inicial/Momento 1</b>	Apresentação da disciplina/projeto de pesquisa.	Apresentar o plano de ensino da disciplina e o projeto de pesquisa.	Exposição oral dialogada.	1 aula Presencial.
<b>Módulo Inicial/ Momento 2</b>	Conhecimento prévios e características do grupo de estudantes.	Caracterizar e identificar as concepções prévias dos participantes sobre os temas abordados na SD.	Questionário diagnóstico <b>(Produção Inicial)</b> .	1 aula presencial.
<b>Módulo inicial/ Momento 3</b>	Apresentação das HQs como material didático.	Apresentar aos participantes algumas noções básicas sobre HQs.	Exposição oral dialogada.	1 aula presencial.
<b>Módulo 1/ Momento 4</b>	Contexto histórico e filosófico do trabalho de Mendel.	Compreender o contexto histórico do trabalho de Mendel; compreender que a ciência não é socialmente neutra e que o conhecimento possui natureza conjectural.	Apresentação de HQ instigadora “Pai (s) da Genética?” e “Como é a ciência afinal?”; “leitura/discussão em conjunto do artigo “Mendel e seus abismo”.	1 aula presencial.
<b>Módulo 1/ Momento 5</b>	Contexto histórico e filosófico do trabalho de Mendel.	Permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos.	Elaboração individual ou em dupla de HQs <b>(Produção 2)</b> .	1 aula à distância.
<b>Módulo 1/ Momento 6</b>	Contexto histórico e filosófico do trabalho de Mendel.	Expor e compartilhar os conhecimentos adquiridos e discussão de ideias.	Apresentação e discussão das HQs elaboradas pelos estudantes.	1 aula presencial.

<b>Módulo 2/ Momento 7</b>	Mendel mítico.	Compreender os principais mitos em relação ao trabalho e as ideias de Mendel; compreender que os paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico.	Apresentação de HQ instigadora “Um mito chamado Mendel”; leitura/discussão em conjunto do artigo “Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na história da Genética”.	1 aula presencial.
<b>Módulo 2/ Momento 8</b>	Mendel mítico.	Permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos.	Elaboração individual ou em dupla de HQs ( <b>produção 3</b> ).	1 aula à distância.
<b>Módulo 2/ Momento 9</b>	Mendel mítico.	Expor e compartilhar os conhecimentos adquiridos e discussão de ideias.	Apresentação e discussão das HQs elaboradas pelos estudantes.	1 aula presencial.
<b>Módulo 3/ Momento 10</b>	Aspectos históricos e filosóficos das interpretações do trabalho de Mendel no século XX.	Compreender o contexto histórico da chamada “redescoberta” ou reinterpretação do trabalho de Mendel pelos mendelistas no século XX e suas implicações teóricas; compreender que há uma pluralidade de métodos científicos e que os paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico.	Apresentação de HQ instigadora “Mendel mendelista ou biometricista?”; leitura/discussão em conjunto do artigo “O Mendel que não era mendelista”.	1 aula presencial.

<b>Módulo 3/ Momento 11</b>	Aspectos históricos e filosóficos das interpretações do trabalho de Mendel no século XX.	Permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos.	Elaboração individual ou em dupla de HQs ( <b>Produção 4</b> ).	1 aula à distância.
<b>Módulo 3/ Momento 12</b>	Aspectos históricos e filosóficos das interpretações do trabalho de Mendel no século XX.	Expor e compartilhar os conhecimentos adquiridos e discussão de ideias.	Apresentação e discussão das HQs elaboradas pelos estudantes.	1 aula presencial.
<b>Produção final/ Momento 13</b>	Finalização da SD.	Identificar as concepções dos participantes acerca da SD e dos recursos didáticos utilizados.	Aplicação do questionário final ( <b>Produção final</b> ).	1 aula presencial.

A seguir apresentamos uma descrição dos momentos vivenciados durante a construção da SD, juntamente com as análises, reflexões e impressões advindas dessa experiência. Utilizamos as anotações do diário de campo, os áudios gravados durante a realização da SD, além das respostas aos questionários e HQs produzidas pelos participantes para a elaboração desta sessão.

## **4.2. Módulo Inicial**

### **4.2.1. Momento 1**

Este encontro teve como objetivo apresentar o plano de ensino da disciplina e o projeto de pesquisa por meio de uma exposição oral dialogada com os participantes.

### **4.2.2. Momento 2**

Realizamos a aplicação do questionário cujo objetivo foi caracterizar e identificar as concepções prévias dos participantes sobre os temas abordados na SD. Os participantes

receberam e preencheram os termos de concordância (Apêndice 1) e, em seguida, responderam ao questionário diagnóstico (Apêndice 2).

O questionário inicial (Apêndice 2) teve o objetivo de identificar as concepções dos participantes acerca dos seguintes tópicos: “O que é ciência” e “Mendel: história e contribuições para a ciência”.

Apresentamos, a seguir, a análise das respostas dadas pelos participantes para as questões presentes no questionário:

1. *Você já cursou alguma disciplina onde tivessem sido abordados conteúdos de Genética? Se sim, qual (is) disciplina (s)?*

Essa questão visou identificar se os participantes já tiveram algum contato com conceitos de Genética durante a graduação. Todos os participantes da pesquisa responderam que já haviam cursado pelo menos uma disciplina que abordasse a temática Genética, tais como “História e Filosofia da Ciência”, “Célula”, “Genética e Evolução” e/ou “Botânica”. A participante Maria Cristina mencionou o termo “Genética” e interpretamos que seja uma referência à disciplina “Genética e Evolução”. Seguem abaixo algumas falas que ilustram esse aspecto:

*Danilo: Sim, História e Filosofia da Ciência, que aborda Mendel, porém mais o conceito histórico dele e de suas descobertas.*

*Rodrigo: Sim, Célula e História e Filosofia das ciências.*

*Louise: Sim, Genética e evolução; Botânica.*

Segundo consta no Projeto Político Pedagógico do Curso de Licenciatura em Ciências Naturais – Diurno (UnB, 2013) vigente no período em que esse projeto foi realizado, somente as disciplinas “História e Filosofia da Ciência” e “Genética e Evolução” apresentam em sua ementa temas diretamente relacionados aos já mencionados tópicos abordados no questionário.

A disciplina “Célula” apresenta em sua ementa temas da área da Genética e a disciplina “Botânica” não traz explicitamente tópicos dessa área de conhecimento, entretanto, vários conteúdos dessas disciplinas podem ser abordados levando em conta a

perspectiva da Genética. Apresentamos as ementas dessas disciplinas em apêndice (Apêndice 3), todas de caráter obrigatório no curso de Licenciatura em Ciências Naturais.

Com base nessas informações, é possível concluir que todos os participantes haviam tido algum contato com conhecimentos na área de Genética durante a graduação, sendo que 5 tiveram acesso a conceitos de genética mendeliana por cursarem a disciplina “Genética e Evolução” e 5 tiveram acesso a conceitos e discussões sobre a natureza e a História da Ciência por cursarem a disciplina “História e Filosofia da Ciência”, assim como sobre a história de Mendel, pois como afirma Danilo esta última disciplina “[...] *aborda Mendel, porém mais o conceito histórico dele e de suas descobertas*”.

2. *A (s) disciplina (s) que você cursou onde tenha (m) sido abordado (s) conteúdos de Genética possuía (m) algum enfoque na História e/ou Filosofia da Ciência? Se sim, poderia exemplificar?*

Essa questão visava identificar se os estudantes tiveram acesso a conteúdos de História e Filosofia da Ciência e, em especial, da História da Genética durante a graduação. Seis participantes afirmaram que tiveram acesso a conteúdos de História e/ou Filosofia da Ciência na graduação, destacando-se que foram abordadas nessas disciplinas a “[...] *importância científica de Mendel*”, “[...] *Mendel e o seu conteúdo histórico*”, “[...] *como as ideias de genética surgiram e se desenvolveram [...]*”, “[...] *contexto histórico da vida de Mendel*” e “[...] *a questão filosófica nos estudos de Mendel.*”. Um dos participantes não respondeu a essa questão. Segue abaixo respostas que ilustram esse aspecto:

*Danilo: Somente o conceito histórico e uma explicação da importância científica de Mendel.*

*Maria: Sim, a disciplina era totalmente focada na parte histórica, estudamos sobre como as ideias de genética surgiram e se desenvolveram, como ela teve importância na Ciência.*

*Louise: Não me recordo, mas creio que não.*

Destaca-se também o fato de que o curso de Licenciatura em Ciências Naturais apresenta disciplinas obrigatórias em seu fluxograma que abordam questões de História e Filosofia da Ciência e, em especial, com abordagens sobre a História da Genética, o que coaduna com a perspectiva de Matthews (1995) de que é importante que um professor de Ciências Naturais possua formação em História e Filosofia para a promoção de um ensino de qualidade.

Até aqui as questões tinham como objetivo traçar um perfil dos participantes do questionário. A seguir abordaremos as questões que visavam identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos tópicos “O que é ciência” e “Mendel: história e contribuições para a ciência”.

### *3. O que é ciência?*

#### *3.1. Segundo a sua compreensão, o que é ciência?*

A partir da análise das respostas dadas pelos estudantes, identificamos quatro tipos diferentes de sentenças que visavam definir o que é ciência. Foram elaboradas quatro categorias definidas a partir do enfoque predominante no conteúdo de cada uma das sentenças analisadas. São elas:

(I) enfoque teleológico: sentenças que visam definir a ciência por meio de seus objetivos.

(II) enfoque metodológico: sentenças que visam definir a ciência por meio de suas metodologias.

(III) enfoque conteudista: sentenças que visam definir a ciência por meio dos objetos de estudo científico.

(IV) enfoque consequencial: sentenças que visam definir a ciência por meio das implicações do conhecimento científico.

Uma mesma resposta pode ser enquadrada em mais de uma categoria quando composta por sentenças com diferentes enfoques. No quadro abaixo apresentamos a classificação das respostas elaboradas pelos participantes:

**Quadro 2** - categorias e respectivas sentenças respondidas pelos participantes sobre “o que é ciência”

Categoria	Sentença
Enfoque Teleológico	<i>Rodrigo: Ciência é a busca da verdade [...]</i>
	<i>Dulce: A ciência tem por objetivo estudar e comprovar fenômenos que acontecem.</i>
	<i>Louise: Busca pelo desconhecido.</i>
	<i>Anete: É o estudo e busca de conhecimento a respeito de algo [...]</i>
Enfoque Conteudista	<i>Jeane: [...] está relacionado a qualquer área do conhecimento.</i>
	<i>Maria Cristina: É o estudo da vida e sua origem, meio ambiente e as relações de convivência.</i>
	<i>Tatiana: Ciências é tudo que estuda a relação dos seres humanos com a natureza [...]</i>
Enfoque Metodológico	<i>Danilo: É todo conhecimento obtido através de estudos e discussões que promovem compreensão de determinado assunto [...]</i>
	<i>Rodrigo: Ciência é a busca da verdade por meio de estudos e práticas que evidenciam as inverdades.</i>
	<i>Maria: É um ramo da Ciência que é adquirido através de observações, análises [...].</i>
	<i>Jeane: Ciência é um ramo que parte da investigação [...].</i>
	<i>Anete: É o estudo e busca de conhecimento a respeito de algo, baseado no método científico.</i>
	<i>Tatiana: [...] É a decodificação dos fenômenos naturais através de modelos.</i>
Enfoque Consequencial	<i>Danilo: [...] beneficiando outras pessoas com tais conhecimentos.</i>

Observamos um predomínio de sentenças que se enquadram na categoria “Enfoque Metodológico” (6), seguida da categoria “Enfoque Teleológico” (4), “Enfoque Conteudista” (3) e “Enfoque consequencial” (1). Algumas hipóteses podem explicar esses resultados obtidos, as quais serão discutidas a seguir.

O predomínio de sentenças na categoria “Enfoque Metodológico” pode estar relacionado a um predomínio da visão empírico-indutivista, atórica e/ou de uma concepção rígida de um suposto “método científico” (Pérez et al., 2001). Anete afirma, por exemplo, que a ciência se baseia “[...] *no método científico*” e mesmo que não seja dada nenhuma definição sobre qual a natureza desse método, o uso dessa expressão no singular é contrário à posição de Pérez et al. (2001), McComas et al. (1998) e Moura (2014) que afirmam que há um consenso entre estudiosos da área de que há um pluralismo de métodos científicos.

A ausência nas sentenças da categoria “Enfoque Metodológico” de termos como “conjectura”, “hipóteses”, “teorias prévias” ou sinônimos são indícios que coadunam com a ideia de que os participantes tendem a uma visão da atividade científica como empírico-indutivista e atórica onde as observações e experimentos tem caráter neutro, sendo ignorado que os dados são interpretados à luz das expectativas e teorias previamente aceitas pelo cientista e que a natureza do conhecimento científico é conjectural (PÉREZ et al., 2001; MCCOMAS et al. 1998).

Uma exceção a essa tendência na categoria “Enfoque Metodológico” é a sentença de Tatiana, que afirma que a ciência é a “[...] *decodificação dos fenômenos naturais através de modelos*”, algo que é considerado um aspecto consensual sobre a natureza da ciência haja vista que há a concordância entre especialistas da impossibilidade de prova final na ciência já que ela constrói modelos, explicações e conceitos de forma provisória e mutável (MOURA, 2014).

Por outro lado, a afirmação de Dulce na categoria “Enfoque Teleológico” de que “*A ciência tem por objetivo estudar e comprovar fenômenos que acontecem*” é contrária a ideia de provisoriedade do conhecimento científico, visto que “comprovar” expressa a ideia de certeza absoluta e indubitável. Como identificado por McComas et al. (1998), é

consenso de que a ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais e não um meio de comprovar de forma final uma explicação.

A presença de apenas uma sentença enquadrada no “Enfoque Consequencial” pode estar relacionada ao predomínio entre os participantes, mesmo que implícito, de uma visão socialmente neutra da ciência, que ignora as influências que o conhecimento científico exerce na sociedade (Pérez et al., 2001). Além disso, a sentença de Danilo, única enquadrada nesta categoria, afirma que o conhecimento científico tem consequências benéficas, mas não menciona que o mesmo possa ser utilizado para fins não benéficos.

A ausência de menções à ideia de “comunidade científica” e ao papel coletivo e cooperativo da atividade científica pode indicar que os participantes têm uma visão predominantemente individualista e elitista da ciência, mesmo que não explicitamente externada (Pérez et al., 2001).

As sentenças que se enquadram na categoria “Enfoque Teleológico” e “Enfoque Conteudista” são respostas de natureza mais vaga, não trazendo muitas informações sobre o que se entende por ciência de fato. Por exemplo, ao dizer que a ciência é a “*Busca pelo desconhecido*” (Louise), vários outros aspectos necessários para diferenciar a ciência de outros métodos de busca pelo desconhecido não são mencionados e, no mesmo sentido, ao afirmar que a ciência “*É o estudo da vida e sua origem, meio ambiente e as relações de convivência*” (Maria Cristina) não há a caracterização de como seria esse “estudo”, não ficando claro se todo estudo é um estudo científico pelo simples fato de ser um estudo ou se haveria algo que permitiria demarcar a diferença de estudos científicos e de estudos não científicos.

Concluimos, portanto, que predominava entre os participantes deste questionário ideias que coadunam com a concepção empírico-indutivista e ateórica, rígida, socialmente neutra, descontextualizada e elitista da natureza da ciência. Isso não significa que esses participantes de fato endossem essas concepções de forma consciente em todos os casos, mas sim que carregam consigo concepções que parecem ter sido construídas a sob influência dessas deformações da natureza da ciência, o que é perceptível tanto pelas

afirmações favoráveis a aspectos dessas concepções como pela ausência de afirmações em contrário.

Esses resultados são semelhantes aos encontrados no trabalho de Pérez et al. (2001) com professores em formação inicial e em formação contínua. Os autores indicam que a educação científica muitas vezes se limita a simples transmissão de conhecimentos já elaborados, reforçando assim visões deformadas da ciência, que são aceitas implicitamente por professores de ciência devido a falta de reflexão crítica (PÉREZ et al., 2001).

*3.2. Como ocorre a construção do conhecimento científico? Se desejar, cite exemplos que ilustrem suas ideias.*

Todas as respostas dadas pelos participantes buscaram definir como ocorre a construção do conhecimento científico a partir de métodos internos à própria atividade científica. Não há nenhuma menção a influências sociais, políticas, econômicas ou religiosas, por exemplo, o que reforça ainda uma visão socialmente neutra da ciência e corroborando as conclusões acerca da questão anterior (Pérez et al., 2001).

Dois diferentes tipos de respostas puderam ser identificados, as quais foram agrupadas nas seguintes categorias:

(I) A construção do conhecimento científico se dá por meio do estudo.

(II) A construção do conhecimento científico se dá por meio de um método.

Cada resposta se enquadra em somente uma das categorias, conforme exposto abaixo:

**Quadro 3** - categorias e respectivas sentenças respondidas pelos participantes sobre “como ocorre a construção do conhecimento científico”.

Categoria	Sentença
(I) A construção do conhecimento científico se dá por meio do estudo.	<i>Danilo: Através do estudo para alcançar o conhecimento do assunto. Com o estudo você compreende um assunto e consegue questioná-lo. A questão de rebater é uma construção do conhecimento.</i>
(II) A construção do conhecimento científico se dá por meio de um método.	<i>Rodrigo: Ocorre por meio da observação de algo, da construção de uma ideia que explique o que foi observado, e depois da experimentação para validar ou invalidar essa ideia.</i>
	<i>Maria: Acredito que ocorre através de um longo processo de pesquisa, experimentação, coleta de dados.</i>
	<i>Jeane: Ocorre a partir da dúvida, da investigação, da elaboração de hipóteses, da experimentação. Sendo ele um processo contínuo e com embasamento teórico.</i>
	<i>Dulce: A construção do conhecimento científico ocorre com uma hipótese acerca de uma dúvida, uma necessidade de explicar algo. Então essa hipótese precisa ser testada através de experimentações e testada várias vezes para que seja certificada ou refutada.</i>
	<i>Maria Cristina: Teorias (comprovadas), pesquisas e artigos.</i>
	<i>Louise: Através da experimentação; conhecimento da evolução histórica da Ciência.</i>
	<i>Anete: Com um questionamento a respeito de uma temática.</i>
	<i>Tatiana: Através de experimentos, observações, construção de modelos e debate de ideias.</i>

A única sentença enquadrada na categoria I apresenta uma visão bastante vaga sobre como ocorre a construção do conhecimento científico. Não fica claro qual a

natureza desse estudo, se ele se refere a qualquer tipo de estudo ou se há algum critério para demarcar os estudos científicos dos estudos não científicos.

A categoria II são respostas que indicam a pressuposição da existência de um método por meio do qual a construção do conhecimento científico é realizada, coadunado com uma visão empírico-indutivista e ateórica da ciência e com a concepção rígida de um método científico (PÉREZ et al., 2001). Há diferentes tentativas de definição de como seria esse método científico, os quais possuem vários elementos em comum. Rodrigo define como Observação-Hipótese-Experimentação, Jeane define como Dúvida-Investigação-Hipótese-Experimentação e Dulce define como Dúvida-Hipótese-Experimentação. Anete, de forma bastante vaga, afirma que essa construção se inicia a partir de um questionamento.

Os participantes Maria e Tatiana afirmam a existência de etapas metodológicas, mas não há indicação de que estas etapas estejam organizadas em uma ordem cronológica, sendo que Maria afirma que a construção do conhecimento científico se dá por meio “[...] *de um longo processo de pesquisa, experimentação, coleta de dados*” e Tatiana afirma que ocorre através “[...] *de experimentos, observações, construção de modelos e debate de ideias*”. Destaca-se na afirmação de Tatiana a inclusão de “[...] *debate de ideias*”, o que indica a concepção consensual de que a ciência depende da crítica rígida e constante das comunidades de pesquisadores e de que novos conhecimentos não devem ser ocultados, mas relatados de forma aberta e clara permitindo o debate (MCCOMAS, 1998).

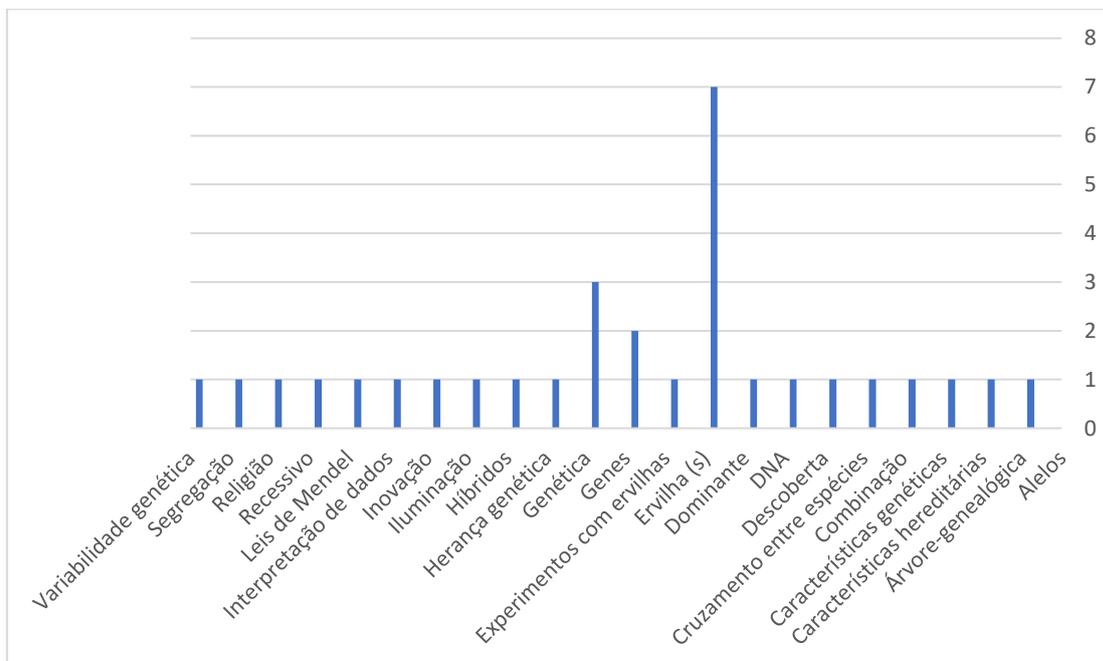
Louise destaca que, além da experimentação, o “[...] *conhecimento da Evolução Histórica da Ciência*” é um fator importante para a construção do conhecimento científico. Essa afirmação corrobora a defesa de Matthews (1995) de que o conhecimento de História da Ciência ajuda a uma melhor compreensão de conceitos e métodos científico o que, conseqüentemente, contribuiria para a construção do conhecimento científico.

Conclui-se a partir dessas respostas que predominava entre os participantes deste questionário uma concepção empírico-indutivista e ateórica, rígida, socialmente neutra, descontextualizada e elitista da construção do conhecimento científico, reforçando as conclusões acerca da questão anterior sobre a natureza da ciência.

4) *Que palavras vêm a sua mente ao pensar sobre Gregor Mendel?*

Essa questão visava fazer um levantamento dos termos ou expressões que os participantes associam de forma mais imediata a Gregor Mendel. As repostas estão descritas no gráfico abaixo:

**Gráfico 1** – frequência de termos ou expressões sobre Gregor Mendel citados pelos participantes



Todos os participantes fizeram menção ou a ervilha (s) (7 participantes) ou a experimentos com ervilhas (1 participante). Isso mostra que a pesquisa com *Pisum sativum* é sem dúvidas o trabalho mais famoso de Mendel e que outros trabalhos, como sua pesquisa com *Phaseolus*, por exemplo, são desconhecidos.

Vários termos que não foram utilizados diretamente por Mendel, mas por estudiosos posteriores foram citados, como é o caso de alelos, DNA e genes, por exemplo. Isso pode ser um indício de que os estudantes tiveram acesso ao “Mendel Mítico” (EL-

HANI, 2016), ou seja, as visões deturpadas ou anacrônicas sobre Mendel que atribuem ao monge, dentre outras coisas, ideias que não foram formuladas em seu período histórico.

O uso de termos como iluminação, inovação e descoberta por Tatiana indicam que este participante vê Mendel como alguém que realizou uma grande contribuição para a compreensão de determinados fenômenos.

5) *O que você sabe sobre as ideias e a história de Gregor Mendel?*

Todas as respostas apresentam características de uma “História anedótica” (CARNEIRO; GASTAL, 2005), visto que ao tratar sobre as ideias e história de Gregor Mendel não há nenhuma menção às influências que o auxiliaram na formulação de suas ideias, nem há citações a cientistas predecessores em sua área de pesquisa e tampouco ao seu contexto social. Dois participantes não responderam a essa questão.

As respostas também se restringiram a um momento específico de sua história, a pesquisa com ervilhas, não apresentando nenhuma referência a outras pesquisas ou a outros momentos de sua vida como sua infância, por exemplo. Seguem algumas respostas que exemplificam esse aspecto:

*Danilo: Que através de estudos e pesquisas, ele combinou o cruzamento de ervilhas de uma cor e de outras, e com algumas tentativas obteve o resultado esperado. Posteriormente ele observou o combinamento artificial de plantas, por exemplo.*

*Rodrigo: Que ele foi responsável pela descoberta dos cromossomos e a forma como se dava a hereditariedade. E que sua descoberta reforçou sua crença a partir da observação que plantas híbridas não se reproduziam, ele concluiu que só Deus poderia dar a vida.*

*Maria: Gregor Mendel era um monge que realizou experimentos envolvendo ervilhas e que uma das análises feita por ele foi de transmissão de características ao longo das gerações. É conhecido como o pai da genética.*

Essa característica da narrativa dos estudantes é um indício de que os mesmos foram expostos a esse tipo de abordagem histórica em algum momento, seja em sala de aula, por meio de livros ou outras mídias. Isso é esperado pois, como afirmam Carneiro e Gastal (2005) e Augusto e Basílio (2018), há ainda o predomínio de narrativas históricas simplistas, anacrônicas e descontextualizadas nos materiais didáticos utilizados em sala de aula nos diversos níveis educacionais.

Várias respostas construídas pelos participantes possuem semelhanças e podem ser sintetizadas na seguinte estrutura narrativa: Mendel realizou pesquisas que envolviam o cruzamento de ervilhas (Danilo, Maria, Jeane, Dulce, Anete) e fez uma análise das características ao longo das gerações (Maria, Anete). Além disso, Maria destaca que Mendel era um monge e Dulce que ele foi botânico e biólogo. Jeane destaca a abordagem matemática do trabalho de Mendel como um diferencial e Dulce afirma que a escolha das ervilhas se deu pelo fato de que as ervilhas eram materiais fáceis de trabalhar.

Duas respostas tratam acerca de implicações ou resultados oriundos das pesquisas de Mendel. Na primeira Dulce afirma que os resultados das pesquisas de Mendel levaram a “[...] *criação de suas Leis*”. Não fica claro se ele se refere a criação dessas leis pelo próprio Mendel, o que seria uma afirmação incorreta segundo El-Hani (2016), ou se Dulce se refere a criação posterior das “leis de Mendel” a partir da reinterpretação de seu trabalho em 1900. Já Anete afirma que “[...] *A partir de seu estudo com ervilhas, começou a ser desvendado alguns conceitos sobre genética, herança, fenótipo, genótipo, etc.*” indicando que os trabalhos de Mendel foram a referência para o desenvolvimento posterior da Genética.

Alguns anacronismos foram identificados. Rodrigo afirma que Mendel “*Que ele foi responsável pela descoberta dos cromossomos e a forma como se dava a hereditariedade*”, mas a associação dos caracteres hereditários com os cromossomos foi realizada somente no início da década de 1900 com a “hipótese cromossômica de Surton e Boweri” (MARTINS; PRESETES, 2016). Além disso, como afirma El-Hani (2016), o trabalho de Mendel não tinha como foco a herança, servindo de base para a formação de uma teoria da herança somente na sua redescoberta e reinterpretação no início do século XX.

Rodrigo também faz confusão com o termo híbrido ao afirmar que “[...] sua descoberta reforçou sua crença a partir da observação que plantas híbridas não se reproduziam, ele concluiu que só Deus poderia dar a vida.”. Atualmente utilizamos híbrido para designar um organismo produzido a partir de animais ou plantas de espécies diferentes, mas o termo era utilizado, no período de Mendel, para designar variedades variedade em uma mesma espécie (BRANDÃO; FERREIRA, 2009). Nesse sentido, o próprio Mendel afirma que suas pesquisas tinham a finalidade de “[...] seguir o desenvolvimento da descendência dos híbridos” (FREIRE-MAIA, p. 53, 1995), indicando que o uso do termo híbrido se referia a seres que deixavam descendentes.

Os participantes Maria Cristina e Louise, apesar de terem informado que cursaram a disciplina “Genética e Evolução” cujo um dos conteúdos é “Genética Mendeliana” e terem respondido à questão anterior (Maria Cristina citou “Experimento com ervilhas, genes e alelos” e Louise citou “Ervilha e variabilidade genética”), não responderam a essa questão.

Tatiana apresentou uma resposta bastante vaga, não deixando claro quais conhecimentos possuía exatamente sobre as ideias e a história de Mendel. Segue a resposta dada por esse participante:

*Tatiana: Alguns aspectos relacionados a formas de pesquisa, conhecimento técnico e interpretação de dados.*

Diante desses resultados, concluímos que os estudantes possuem algum conhecimento sobre a pesquisa de Mendel com as ervilhas e suas implicações, mas de forma simplificada e descontextualizada.

### **4.2.3. Momento 3**

O objetivo desse encontro foi apresentar aos participantes algumas noções básicas sobre HQs. Portanto foram apresentadas suas linguagens e metalinguagens associadas, além de possibilidades pedagógicas de uso no ensino de ciências e instruções sobre como

elaborá-las. A apresentação foi realizada oralmente com a utilização de slides e buscando sempre o diálogo com os participantes.

Vários participantes relataram ter tido contato com HQs, seja durante a infância, seja atualmente, principalmente por meio da internet. Isso coaduna com a ideia expressa por Caruso e Silveira (2009) de que as HQs são elementos presentes na nossa sociedade que se caracteriza pela valorização dos elementos visuais. Apenas um participante afirmou gostar de desenhar, enquanto os outros afirmaram ter dificuldades. Foram apresentados aos estudantes algumas ferramentas digitais que poderiam auxiliar na construção de HQs, como os *softwares* como o Microsoft Paint® e o Adobe Illustrator®.

### **4.3.Módulo 1**

#### **4.3.1. Momento 4**

Este encontro teve como objetivo permitir que os estudantes compreendessem os conteúdos relacionados ao contexto histórico do trabalho de Mendel, bem como suas influências, objetivos e resultados, além de possibilitar a compreensão dos paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico, que o conhecimento científico é conjectural e que a construção do conhecimento científico possui caráter social.

Entregamos aos participantes uma HQ instigadora elaborada por um dos autores desse trabalho que tinha como tema a história de Mendel. Após a leitura dessa HQ, estimulamos os participantes a expressarem suas impressões e ideias acerca dos temas abordados na HQ. A seguir apresentamos a HQ acompanhada de uma descrição dos temas, referências e conteúdos abordados em seu enredo:

**Figura 6 - HQ “Pai (s) da Genética?”.**



**Fonte:** Lucas Freitas Pereira Carneiro

**Temas abordados:** Mendel, herança mendeliana, História da Ciência.

**Referência:** “Mendel e seus abismos” (ANDRADE; SILVA, 2016); “Mendel e depois de Mendel” (MARTINS; PRESTES, 2016)

**Conteúdos:** A linha de pesquisa na qual Mendel estava inserido era bastante ativa em sua época. Isso significa que Mendel não começou seu trabalho “do nada”, mas sim a partir de diversas fontes que o influenciaram e direcionaram sua pesquisa. Esse fato é um problema para o mito de que o grande cientista é um gênio isolado capaz de fazer descobertas mirabolantes unicamente a partir da própria genialidade. O questionamento do último quadro – seria a Genética um caso raro de “múltipla paternidade” na ciência? – visa levantar a discussão em sala de aula sobre ser correto ou não atribuir a “paternidade” ou autoria de alguma teoria ou ramo da ciência a um único cientista sendo que a ciência sempre se desenvolve comunitariamente.

Após a leitura, questionamos os participantes sobre o que haviam compreendido. Um aspecto mencionado pelos participantes, a partir da leitura da HQ, é que o trabalho de Mendel foi fruto de um trabalho coletivo e/ou teve influências externas, o que é contrário a uma visão individualista e elitista da ciência de que a ciência é feita por gênios isolados (PÉREZ et al., 2001). Os fragmentos de fala abaixo ilustram esse aspecto:

*Dulce: E também da história do quadrinho dá pra você pensar que Mendel era o pai da Genética, mas na verdade o que que fica aí do quadrinho, o que você vai pensar? Que pode não ter sido ele sozinho. Ele trouxe contribuições de lá, só que talvez o trabalho dele foi o que deu mais certo. Por isso, talvez, a gente chame de o pai da Genética.*

*Jeane: Eu pensei a mesma coisa que eles. Acho que o quadrinho vem falar que não é só Mendel que participou, não é só ele que estudou Genética, vários outros estudaram. Ele é mais reconhecido pelos estudos, acho que pela área, não sei. Por ser o primeiro...ele não foi o primeiro, né? Mas por ter sido uma pessoa que fez alguma coisa diferente dos outros. Mas ele não é o único. Acho que o quadrinho quis trazer isso.*

*Rodrigo: Eu concordo que quando a gente fala que ele é o pai da Genética é como se ele tivesse feito tudo só, né? E talvez não tenha sido isso, né? Talvez ele teve a ajuda de várias outras pessoas.*

Alguns participantes apresentaram confusões acerca do uso do termo híbrido no contexto do trabalho de Mendel. Seguem alguns fragmentos de fala que ilustram essa questão:

*Juliana: Eu vi ele falando aí sobre híbridos, né? E na verdade Mendel não trabalhou com híbridos, né?*

*Rodrigo: Eu fiquei um pouco confuso por causa da fala da colega, a questão de ele não ter mexido com híbridos, eu não sabia. Pra mim ele mexia...*

*Juliana: Híbrido não dá espécime fértil. A primeira ele tem, o P1 dele lá, ele se refertiliza pra virar o P2. Se fosse híbrido ele não conseguiria se autofecundar.*

*Rodrigo: Eu não sei se eu estou confundindo por nomes, mas pra mim Mendel era aquele religioso que fez os experimentos com as ervilhas e ele descobriu que...inclusive*

*ele levantou a tese quando ele viu que os híbridos não reproduziam, ele associou isso ao poder divino, de que só Deus poderia dar vida, nós não poderíamos dar vida. Por isso eu fiquei confuso.*

Afirmar que “*Híbrido não dá espécime fértil*”, nesse contexto, é um anacronismo pois, como já discutido anteriormente, essa ideia difere do sentido do termo no contexto do trabalho de Mendel (BRANDÃO; FERREIRA, 2009). A afirmação de Rodrigo de que Mendel “[...] *levantou a tese quando ele viu que os híbridos não reproduziam, ele associou isso ao poder divino, de que só Deus poderia dar vida, nós não poderíamos dar vida [...]*” não encontra nenhum respaldo histórico no referencial teórico utilizado nesse trabalho, sendo uma aparente confusão devido ao uso anacrônico do termo híbrido.

Há também falas que indicam que os participantes não tinham clareza sobre o porquê do trabalho de Mendel ter tido mais destaque que outros possíveis pesquisadores da área, conforme ilustrado nos fragmentos abaixo:

*Dulce: Ele trouxe contribuições de lá, só que talvez o trabalho dele foi o que deu mais certo. Por isso, talvez, a gente chame de o pai da Genética.”*

*Jeane: Ele é mais reconhecido pelos estudos, acho que pela área, não sei. Por ser o primeiro...ele não foi o primeiro, né? Mas por ter sido uma pessoa que fez alguma coisa diferente dos outros. Mas ele não é o único. Acho que o quadrinho quis trazer isso.”*

Um dos participantes indicou que o grande diferencial do trabalho de Mendel foi a metodologia de seu trabalho que contou com um número muito grande de experimentações, o que o deixou “[...] *mais científico [...]*”, indicando uma aproximação a uma visão empírico-indutivista da ciência (PÉREZ et al., 2001). Segue o fragmento de fala do participante:

*Juliana: Porque Mendel teve um trabalho mais numeroso, mais científico e tal. Ele fez várias e várias vezes.*

Após essa discussão inicial acerca da HQ, foi realizada a leitura e discussão do artigo “Mendel e seus abismos” (ANDRADE; SILVA, 2016). O artigo trata de aspectos e históricos e filosóficos que visam contextualizar o trabalho de Gregor Mendel, ressaltando as diferentes explicações para o fenômeno da hereditariedade na história

anterior ao monge. O artigo retrata também as influências que Mendel recebeu do abade Cyril Napp em sua formação acadêmica na Universidade de Viena, bem como, seu delineamento experimental, produção de conceitos e proposição de um modelo explicativo novo e, do ponto de vista epistemológico, os obstáculos existentes entre os fenômenos observados e a explicação dos mesmos na construção do conhecimento científico.

A leitura foi realizada de forma conjunta, onde cada participante leu trechos do texto em voz alta, sendo que os professores e participantes podiam, caso desejassem, fazer comentários ou levantar questionamentos relevantes à discussão. Após o término da leitura, os estudantes foram estimulados a falar sobre o que os chamou atenção na leitura do texto e que aspectos eles acharam mais importantes.

Os participantes demonstraram compreender algo acerca do caráter social do desenvolvimento científico (PÉREZ et al., 2001). Aspectos como “incentivo” e “oportunidades” foram citados como coisas importantes para esse desenvolvimento do trabalho científico e englobam dimensões que vão além do trabalho científico em si, indicando que fatores sociais influenciam o desenvolvimento da ciência e indo em direção contrária a uma visão socialmente neutra da ciência. O participante Rodrigo sintetiza essas ideias ao afirmar que “[...]se a gente for analisar, o contexto em que eles viviam influencia muito nas ideias que eles têm [...]”. Seguem fragmentos de fala que ilustram essa perspectiva:

*Rodrigo: Eu achei muito interessante a parte onde o texto aborda as relações do passado, em que ele fala que antes de Mendel, por exemplo, teve Aristóteles defendeu uma ideia, depois veio Darwin, Galton também. Teve vários outros, mas o texto fala desses três. E eu acho muito interessante porque se a gente for analisar, o contexto em que eles viviam influencia muito nas ideias que eles têm, assim... Darwin viveu, pelos menos de acordo com as datas do texto, Darwin e ele coexistiram, eram bem próximos. Mas se você pega Aristóteles que estava lá antes de Cristo, então você vê que a ideia que ele tinha era completamente diferente. Ele achava praticamente que os homens eram mais relevantes nesse processo dos que as mulheres, pelo que eu pude entender. E depois vem Mendel e desmistifica toda essa ideia que eles tinham.*

*Maria: Uma coisa logo no início que ele faz bastante que eu achei muito interessante é que eu consegui ver um pouco porque o trabalho de Mendel é tão conhecido. O tanto de incentivo que ele teve, as oportunidades, aqui mostra as várias aulas que ele teve, isso faz com que ele consiga fazer um trabalho maior, com um reconhecimento maior, que muitas vezes não aconteceu com os outros estudiosos que trabalharam com genética também, talvez não teve tanto estímulo como ele. Ele lá pode criar uma estufa pra estar fazendo seus experimentos com ervilhas e quantos que não tiveram essas oportunidades, né? Então acho que isso foi um dos motivos do trabalho dele ser tão reconhecido mundialmente*

*Daniilo: Fora que ele conhecia muitos agricultores da época e pelo fato de ele conhecer os agricultores sabia das necessidades.*

*Dulce: Um ponto que me chamou atenção, eu não sei se eu não sabia ou se nunca me atentei de fato foi a escolha das ervilhas, a escolha das ervilhas veio do fato de ele ter aprendido com os ensinamentos de Franz Diebl, não sabia que a escolha dele foi levada, é, tinha tido um conhecimento sobre isso. Eu achava que a escolha dele da ervilha tinha partido dele pra estudar por que ele achava mais fácil mas não, vinha de algo que ele já tinha aprendido. Como fala bem aqui no texto, que a escolha das ervilhas foi por conta dos ensinamentos de Diebl, dos estudos dele na universidade de Viena, isso era um fato que eu não sabia.*

Houve também menções a aspectos que seriam diferenciais teórico-metodológicos do trabalho de Mendel. Os principais aspectos destacados foram o uso da matemática e o fato de Mendel não considerar os fatores como um fluído que poderia se misturar. A seguir apresentamos os trechos de fala que ilustram esses aspectos:

*Juliana: Pra mim o melhor de Mendel mesmo é o quantitativo dele, quantas vezes ele fez o experimento e a grande quantidade. E o uso da matemática, que ele foi um precursor assim do uso da matemática nesse tipo de experimento.*

*Jeane: O que me chamou atenção foi o que vocês falaram agora e um pouco do que a colega falou também e o grande diferencial dele foi ter analisado esses fatores que não eram exatamente uma mistura, e ter também relatado os dados através da matemática mesmo, da porcentagem, que vai 25%, nos outros momentos vai 50% e*

*mesmo sem entender sobre os processos de mitose e meiose, como tá escrito aqui, células diploide e haploide, ele já pensava nesses fatores, que é justamente...não é isso mas é muito relacionado com isso.*

*Danilo: aqui no texto fala que muitos dos pesquisadores antigamente desistiam com o tempo, na segunda geração, tipo assim quando eles não estavam conseguindo o resultado. No caso quando ele vê ele tinha aquela manha de quantificar pra ele ver a porcentagem com o decorrer do tempo ele ia conseguir pra alcançar o objetivo dele da produção das ervilhas que ele queria. Ele queria mudar a coloração dela pra ver quanto ele ia conseguir. É a quantificação, né, quando ele traz a matemática pra biologia.*

O enfoque no aspecto experimental do trabalho de Mendel é constantemente elogiado e muitas vezes foi colocado em dúvida por alguns autores por serem considerados “bons demais para serem verdade” (ANDRADE; SILVA, 2016). El-Hani (2016) afirma que o delineamento experimental foi a maior contribuição de Mendel para a Genética.

Entretanto, o destaque deste aspecto por Danilo, Jeane e Juliana pode estar relacionado a presença de uma visão empírico-indutivista, rígida e algorítmica da ciência, priorizando excessivamente o papel da repetição dos experimentos (PÉREZ et al., 2001), em especial quando leva-se em conta os resultados obtidos anteriormente no questionário inicial como, por exemplo, a afirmação de Dulce de que uma hipótese científica “[...] precisa ser testada através de experimentações e testada várias vezes para que seja certificada ou refutada”.

Um dos participantes também destacou que o modelo explicativo de Mendel era coerente com algumas ideias não formuladas por Mendel que se popularizaram na área da Genética posteriormente. Segue a fala do participante:

*Jeane: Mesmo sem entender sobre os processos de mitose e meiose, como tá escrito aqui, células diploide e haploide, ele já pensava nesses fatores, que é justamente...não é isso mas é muito relacionado com isso”.*

Após essa discussão, realizamos uma breve exposição teórica sobre os temas abordados no texto, aprofundando alguns aspectos sobre a história de Mendel e

esclarecendo dúvidas e dificuldades apresentadas durante apresentadas pelos participantes.

Em seguida, apresentamos aos participantes uma HQ instigadora elaborada pelos autores desse trabalho. Segue abaixo a HQ utilizada acompanhada de uma descrição dos temas, referências e conteúdos abordados em seu enredo:

**Figura 7** – HQ “Como é a ciência afinal?”.



**Fonte:** Lucas Freitas Pereira Carneiro

**Temas:** Mendel, herança mendeliana, natureza da ciência.

**Referência:** Mendel e seus abismos (ANDRADE, SILVA, 2016).

**Conteúdos abordados:** Muitas vezes encontramos entre professores, estudantes e livros a ideia de que a ciência é construída seguindo um método totalmente baseado no empirismo, livre de preconceções, sendo socialmente neutra, ahistórica e infalível. Essa visão, entretanto, é uma deformação da ciência real. O trabalho de Mendel corrobora essa concepção em vários aspectos: Mendel convivia com agricultores e suas pesquisas eram

potencialmente positivas para os interesses econômicos dos mesmos; suas observações partiam de pressupostos teóricos que as norteavam – como a crença na existência de leis naturais que podiam ser expressas por relações matemáticas – e suas conclusões estavam longe de serem fatos provados empiricamente de forma cabal, visto que os próprios “fatores”, elementos essenciais de suas explicações, eram parte de um modelo teórico que, para funcionar como explicação, necessitava de que se assumisse sua existência na realidade. A HQ, nesse sentido, aponta o contraponto entre o que é afirmado por essa visão deformada de ciência e o que de fato ocorreu no desenvolvimento das pesquisas realizadas por Mendel.

Após a leitura, questionamos os participantes sobre o que compreenderam com a leitura da HQ. Novamente, o objetivo era que os participantes expusessem suas compreensões e dúvidas de forma livre.

Um assunto abordado pelos participantes foi o caráter provisório das explicações científicas, o que está de acordo com o consenso apontado por McComas et al. (1998) de que a ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais e que esse conhecimento possui natureza conjectural (MCCOMAS et al., 1998). Segue um trecho de fala que exemplifica esse aspecto:

*Rodrigo: É porque pra mim foi só alguma síntese daquilo que você já havia falado, a questão da ciência...que as vezes a gente pensa que a ciência ela é muito exata, a gente vê algo e entende e é isso, não muda, quando na verdade pode ser que não seja. Tem até um professor aqui da FUP que ele fala muito isso. Ele diz que a ciência não prova verdades, a ciência prova inverdades. Porque a partir da análise do que a gente vê por Mendel, a gente consegue invalidar algumas outras hipóteses, mas a gente não sabe se de fato a hipótese de Mendel tá 100% certa. A gente não consegue provar se ela tá 100% certa. Basicamente foi o que eu entendi.*

Além disso, a afirmação de Rodrigo de que “[...] *Ele diz que a ciência não prova verdades, a ciência prova inverdades* [...]” reflete a visão falsificacionista como proposta metodológica do filósofo da ciência Karl Raimund Popper (1902-1994), que é sintetizada por Longo (2016, p.74) da seguinte forma:

Com frequência pensamos que a ciência trabalha “provando” verdades sobre o mundo imaginando que a teoria científica que temos em mãos é aquela que podemos provar de forma definitiva. Popper, entretanto, vai insistir que, em se tratando de ciência, isso não procede. Pelo contrário, o que caracteriza uma teoria científica não é a possibilidade dela ser provada verdadeira, mas como falsa.

As falas de Rodrigo, nesse sentido, são contrárias a uma concepção empírico-indutivista e ateórica da ciência (PÉREZ et al., 2001).

Um dos participantes demonstrou se surpreender com o fato de um modelo explicativo contenha elementos que não sejam empiricamente verificados pelo cientista que o propõe, o que ocorre com Mendel, que conjecturou acerca da existência de fatores hereditários:

*Dulce: No final da tirinha, quando ele diz que pode ser explicado pelos fatores, mesmo que eu não saiba bem o que eles são. Eu não sei se eu entendi como... ele está falando aqui sobre as sementes lisas e sementes rugosas... aí tá, ele falou assim que foi uma explicação de fatores, que é explicado pelos fatores, só que nem ele mesmo sabe o que são esses fatores, então como ele pode afirmar isso?*

Indagamos os participantes sobre o que significa dizer que a ciência é neutra. Eles indicaram que ser neutra significa “não tomar partido”, “ser imparcial”, o que não seria uma característica da ciência pois os cientistas possuem interesses e são influenciados pelo contexto social no qual estão inseridos, indo de forma contrária a uma visão socialmente neutra da ciência (PÉREZ et al., 2001). Além disso, os participantes indicaram que os cientistas podem cometer fraudes por interesse próprio, mas que nem sempre o interesse é algo nocivo. Segue um trecho da discussão que ilustra esse aspecto abordado:

*Professor: Alguém já ouviu falar que a ciência é neutra? Em um livro...aula...O que vocês imaginam que seja essa ideia?*

*Danilo: Que ela não toma partido, ela seria imparcial. O próprio quadrinho já levanta meio que uma ironia quanto a isso, né. Porque ao mesmo tempo que fala que a ciência é neutra essa pesquisa é boa para os produtores rurais.*

*Juliana: sempre tem um interesse, você não vai pesquisar uma coisa aleatória que não vai ter interesse também...*

*Jeane: É igual um professor falou uma vez, que quando uma pessoa vai fazer o TCC dela ou qualquer outra pesquisa, ela faz a pesquisa já na intenção de achar aquela resposta. Então as vezes manipula os dados pra dar a resposta que ele queria ou então se não dá a resposta que queria ignora porque não dá aquilo que ele pensou.*

*Professor: seria um problema a ciência ter interesses?*

*Danilo: Acho que não.*

*Professor: Por quê?*

*Danilo: Tipo assim, você necessariamente pode trabalhar uma coisa por um bem comum, por exemplo. É...muitas vezes a ciência beneficia uma coisa e esse tipo de modelo depois que de uma hipótese dá em uma tese beneficia pra adiantar o estudo, por exemplo o estudo de Mendel, pode ser que seja os estudos precursores dele tenham ajudado, beneficiado ele a melhorar o estudo dele, e o estudo dele seja um precursor do que a gente possa estudar agora sobre genética, entendeu? Pode ser uma evolução, uma evolução é benefício.*

*Maria: A gente pode ver uma coisa dessas de ter interesses também na área da saúde, quantas coisas a gente já conseguiu descobrir, quantas soluções para diversas doenças, para melhorar algumas coisas a gente tem um interesse.*

*Rodrigo: Eu também acho que pode ser ruim também, acho que vai depender muito porque justamente na área da saúde você pode fazer usa da ciência de uma maneira mal-intencionada pra...por exemplo, sei lá, você cria um remédio que foi caríssimo pra você produzir o remédio e o remédio não obtém o efeito esperado que você*

*queria. Mas aí você consegue manipular dados pra fazer parecer que o remédio funciona então você consegue distribuir um negócio que não funciona embasado em dados que não são reais mas que você finge serem reais por puro interesse.*

*Danilo: Igual ela falou do TCC, né?*

*Rodrigo: Tipo, igual o TCC que você pode manipular dados, então assim, eu acho que essa questão do interesse, principalmente quando é interesse econômico pode ser ruim sim, não necessariamente, mas em grande parte pode ser.*

Após as discussões, orientamos os participantes a elaborar uma HQ baseada no artigo lido em sala e nas discussões realizadas. A elaboração HQs poderia ser feita de forma individual ou em dupla.

#### **4.3.2. Momentos 5-6**

No momento 5, os participantes tiveram um período para a elaboração das HQs de forma livre com o objetivo de permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos. O momento foi à distância a fim de permitir que os participantes tivessem tempo específico para refletir sobre as leituras e discussões realizadas no encontro presencial podendo, eventualmente, revisitar o artigo utilizado em sala ou consultar outras fontes para a construção de suas HQs.

O momento 6 teve como objetivo de permitir que os participantes apresentassem as HQs que produziram no momento anterior, possibilitando um ambiente propício para exposição e compartilhamento dos conhecimentos adquiridos e de discussão de ideias. Nesse encontro os participantes apresentaram e discutiram as HQs elaboradas pelos mesmos com base na leitura do artigo “Mendel e seus abismos” (ANDRADE; SILVA, 2016) e nas discussões realizadas no encontro anterior.

Ressaltamos que alguns participantes buscaram ferramentas diferentes para a elaboração das HQs além daquelas que sugerimos, como o site Canva (disponível em: <

[https://www.canva.com/pt\\_br/criar/tirinhas/](https://www.canva.com/pt_br/criar/tirinhas/)>. Acesso em: 01 mai. 2019), que permite a criação de HQs *online* em um navegador

Após a leitura das HQs, foram identificadas três categorias a partir dos diferentes enfoques abordados em seus enredos:

(I) enfoque em conteúdos científicos: enredo que aborda conceitos científicos sem abordar aspectos históricos ou filosóficos.

(II) enfoque histórico: enredo que aborda aspectos de História de Ciência.

(III) enfoque histórico-filosófico: enredo que aborda aspectos de História e Filosofia da Ciência.

Foi identificada uma HQ com enfoque em conteúdos científicos (HQ1), cinco HQs com enfoque histórico (HQ2, HQ3, HQ4, HQ5, HQ6) e uma HQ com enfoque histórico-filosófico (HQ7). O fato de apenas uma HQ apresentar enfoque histórico-filosófico pode ser um indicativo de que os participantes tiveram uma maior dificuldade de compreensão das questões filosóficas discutidas.

A seguir, apresentados a análise e discussão de cada umas das HQs produzidas pelos participantes:

Figura 8 - HQ1 produzida por participantes.



Fonte: Participantes da SD (Danilo e Maria)

A HQ apresenta características de uma tirinha, pois possui estrutura com quatro quadrinhos, uso de linguagem verbal e não verbal, presença de balões de diálogo, dois personagens e apresenta tom humorístico (PEDREIRA, 2014). O enredo possui caráter instigador (TESTONI, 2004), iniciando e terminando com um questionamento.

Ela apresenta enfoque em conteúdos científicos, mais especificamente na área da herança mendeliana e nos conceitos de fenótipo e genótipo. Apesar de o texto e as discussões indicadas como referência para a elaboração da HQ abordarem aspectos históricos e filosóficos acerca da temática, não há, nessa HQ, menções ao contexto histórico do trabalho de Mendel, tampouco há aspectos sobre a natureza da ciência, focando unicamente em conceitos próprios de Genética.

Acerca dos conceitos abordados, o genótipo é entendido como “[...] *algo que não é mudado naturalmente, ou seja, as características que seus pais te passam vão ser suas para sempre [...]*”. Sobre o fenótipo, é afirmado que “[...] *já o fenótipo você tem possibilidade de alterar amigão!*”.

O uso do termo “característica” como algo que “[...] seus pais te passaram [...]” para definir o genótipo parece fazer referência aos “fatores” propostos por Mendel. O cientista, por sua vez, não utilizou em suas explicações os conceitos de genótipo ou fenótipo, algo que fora elaborado posteriormente por Johannsen no final da década de 1900 (MARTINS, PRESTES, 2016). Existe também uma discussão sobre se os “fatores mendelianos” possuem ou não paralelo com o conceito de genótipo (EL-HANI, 2016).

Além disso, a ideia de que as “características” passadas pelos pais não podem ser alteradas em nenhum nível e que somente o fenótipo pode ser alterado não está de acordo com as recentes pesquisas na área da epigenética (PORTIN, 2015). Entretanto, essa última temática não foi abordada durante a discussão em sala de aula, sendo a ideia expressa na HQ uma compreensão prévia dos participantes.

Figura 9 - HQ2 produzida por participantes.





Fonte: Participante da SD (Maria Cristina)

A HQ apresenta estrutura com onze quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, presença de balões de diálogo e balões de pensamento e quatro personagens. O enredo apresenta caráter explicativo (TESTONI, 2004). Os personagens principais são jovens em idade escolar, vivenciando situações comuns a estudantes da educação básica.

Ela apresenta enfoque histórico, em particular acerca do trabalho de Gregor Mendel com *Pisum sativum*. Há menções a entrada de Mendel no mosteiro de Brünn, acerca da influência do Abade Cyrill Napp no desenvolvimento de sua pesquisa, além da metodologia de sua pesquisa e a suas conclusões.

A HQ traz a afirmação de que “*Mendel fez grandes descobertas na genética, mas tudo começou quando [...]*”, mas em seguida destaca que “*Napp financiava os estudos de Mendel...*”. Essas afirmações indicam um afastamento de uma visão individualista e elitista da ciência (PÉREZ et al., 2001), visto que relaciona o sucesso do trabalho de Mendel ao contexto de apoio financeiro e institucional possibilitado pelo abade Cyrill Napp no mosteiro de Brünn.

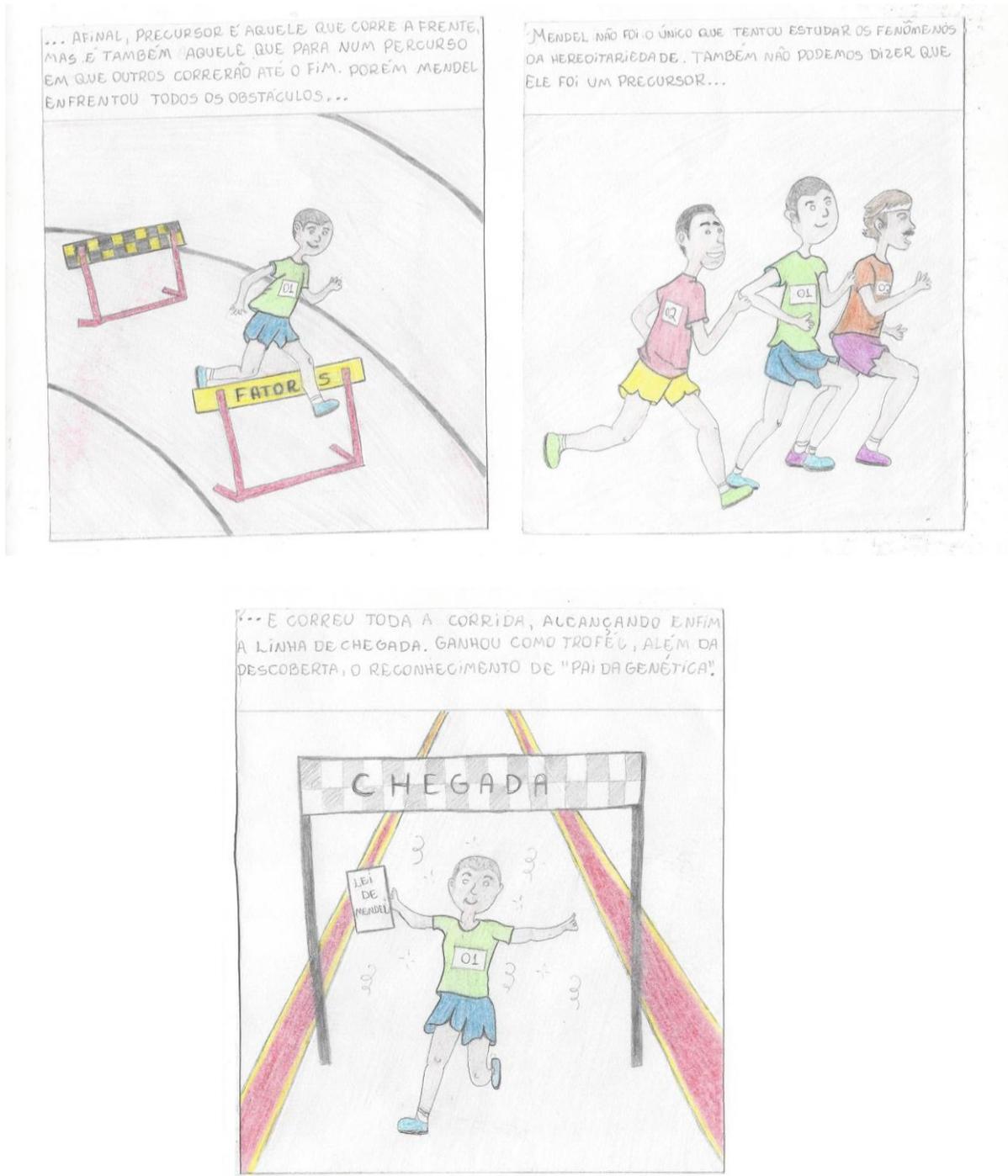
Mendel, conforme apresentado na HQ, tinha a intenção de “[...] *desvendar os mistérios das heranças em animais e plantas*”. Entretanto, essa afirmação é questionável, pois como afirma El-Hani (2016), a questão da herança não era a principal preocupação de Mendel, mas sim questões relacionadas à hibridização.

Duas afirmações sobre a pesquisa e conclusões de Mendel são anacrônicas. Em um quadrinho, é afirmado que “*Mendel percebe que nos cruzamentos há uma proporção fenotípica [...]*”, o que é problemático visto que o conceito de fenótipo não havia ainda sido proposto, sendo essa uma interpretação moderna das ideias de Mendel (MARTINS; PRESETES, 2016). Em outro quadrinho, Mendel pensa em “[...] *genes [...]*” mas, novamente, este é um conceito não mencionado por Mendel em seu trabalho.

Um dos personagens afirma que “[...] *e foi assim que ele se tornou o pai da genética!*”. Apesar das discussões anteriores sobre a inadequação do uso da expressão “Pai da...” para um único cientista como criador de uma determinada área de estudos devido ao caráter comunitário e social da ciência, essa expressão ainda é utilizada na HQ, o que indica a permanência de aspectos de uma visão individualista e elitista da ciência,

ainda que de forma incoerente com outros aspectos abordados na HQ (PÉREZ et al., 2001).

**Figura 10 - HQ3 produzida por participantes.**



Fonte: Participante da disciplina (Rodrigo e Jeane).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, um narrador e três personagens, sem diálogos entre os personagens, podendo ser classificada como uma tirinha, apresentando caráter explicativo e motivador (TESTONI, 2004).

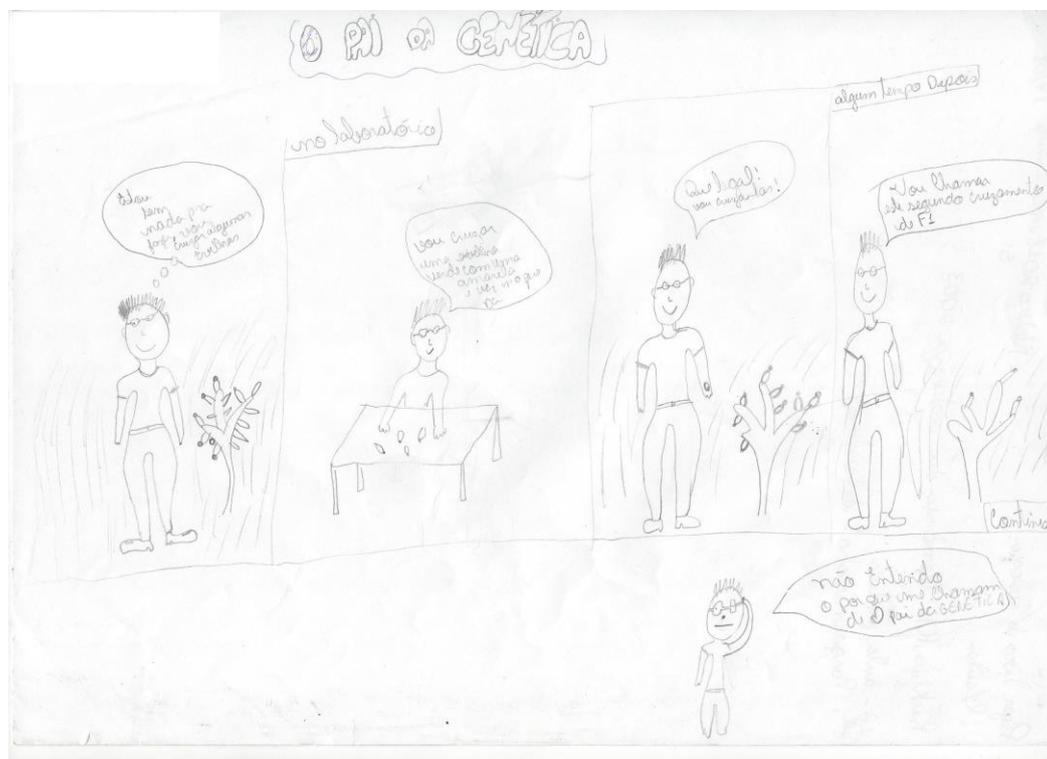
Ela possui enfoque histórico, com foco no trabalho de Mendel relacionado à hereditariedade. Mendel é retratado como um cientista vitorioso que enfrentou vários obstáculos, conquistando o título de “Pai da Genética” por ter descoberto a “Lei de Mendel”.

Essa narrativa apresenta características de uma história anedótica (CARNEIRO; GASTAL, 2005), pois Mendel é retratado como um gênio realizador de um feito quase heroico pois, como é afirmado na HQ, “[...] *não podemos dizer que ele foi um precursor* [...]” já que “[...] *Mendel enfrentou todos os obstáculos...e correu toda a corrida, alcançando enfim a linha de chegada.*”, sem qualquer menção ao contexto social em que estava inserido. Essas afirmações coadunam com uma visão individualista, elitista e socialmente neutra do desenvolvimento científico (PÉREZ et al., 2001).

A “[...] *descoberta* [...]” que Mendel “[...] *ganhou como troféu* [...]” parece estar relacionada à ideia de “Lei de Mendel” escrita no objeto que o personagem segura no último quadrinho. Segundo El-Hani (2016), há bastante discussão na literatura sobre a presença ou não das chamadas Leis de Mendel em seu trabalho de 1866, sendo evidente que a formulação das leis, tal como a conhecemos, é resultado da chamada reinterpretação dos trabalhos de Mendel pelos geneticistas mendelianos. Nesse sentido, a ideia de que Mendel “[...] *correu toda a corrida, alcançando enfim a linha de chegada*” ao descobrir sua lei ignora os desdobramentos posteriores ao trabalho de Mendel que, de fato, levaram a formulação dessas leis.

A afirmação de que Mendel “[...] *ganhou* [...] *o reconhecimento de “Pai da Genética”*” pode indicar um endosso do autor da HQ a essa posição, ignorando as discussões anteriores sobre inadequação do uso da expressão “Pai da...” para um único cientista como criador de uma determinada área de estudos devido ao caráter comunitário e social da ciência, indicando a permanência de uma visão individualista e elitista da ciência (PÉREZ et al., 2001).

**Figura 11** - HQ4 produzida por participantes.



Fonte: Participante da disciplina (Anete).

A HQ apresenta estrutura com 5 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, balões de fala e de pensamento e um personagem, se caracterizando como uma tirinha. Ela apresenta caráter predominantemente explicativo, mas possui características instigadoras, pois traz um problema no último quadrinho (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque histórico, abordando a pesquisa de Mendel com *Pisum sativum*. Há menções a metodologia utilizada por Mendel em sua pesquisa e há o levantamento de um problema. A narrativa apresenta características de uma história anedótica, já que Mendel é retratado de forma isolada, sem qualquer menção a seu contexto social (CARNEIRO; GASTAL, 2005).

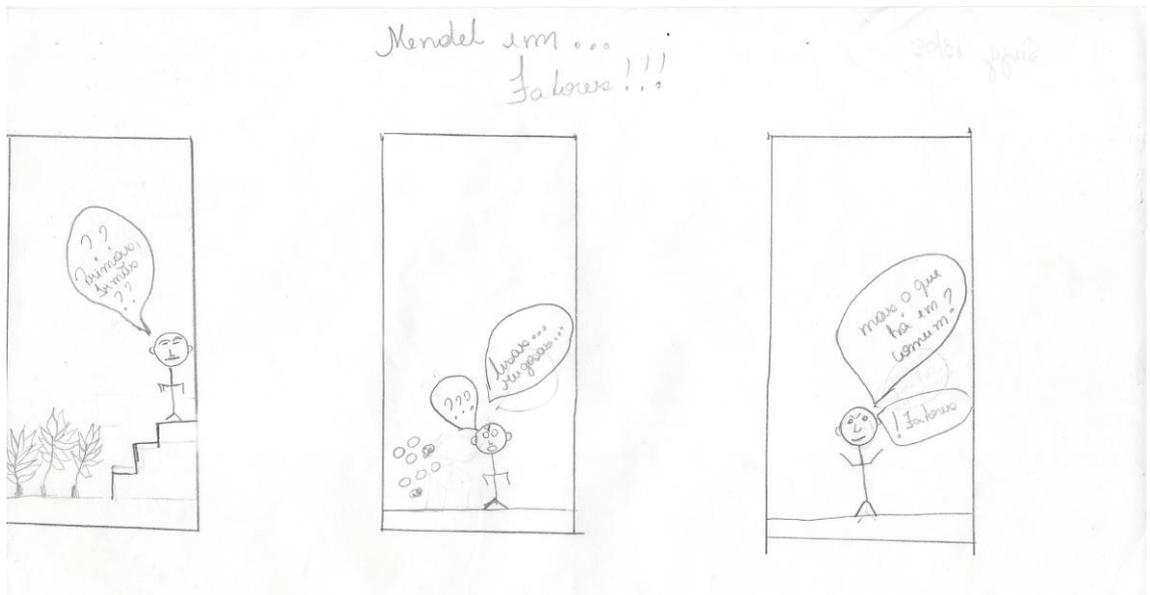
No primeiro quadrinho, Mendel é retratado pensando o seguinte: “*Estou sem nada pra fazer, vou cruzar algumas ervilhas*”. Essa afirmação expressa uma visão individualista e elitista da ciência (PÉREZ et al., 2001), visto que o cientista é apresentado

como alguém que teve a iniciativa de realizar uma pesquisa “do nada”, sem motivações ou influências prévias de seu contexto social, simplesmente por “não estar fazendo nada”.

Mendel é retratado afirmando que “*Vou chamar este segundo cruzamento de F1*”. Entretanto, esse é um exemplo de anacronismo, já que Mendel não usou essa notação em seu trabalho de 1866, sendo essa uma elaboração posterior de Bateson, no século XX (MARTINS; PRESTES, 2016).

No último quadrinho, há o levantamento do problema “*Não Entendo o por que me chamam de O pai da GENÉTICA*”. Esse questionamento ao término da HQ indica que, apesar de todas as pesquisas realizadas por Mendel, não é adequado chama-lo de “Pai da Genética”.

**Figura 12 - HQ5** produzida por participantes.



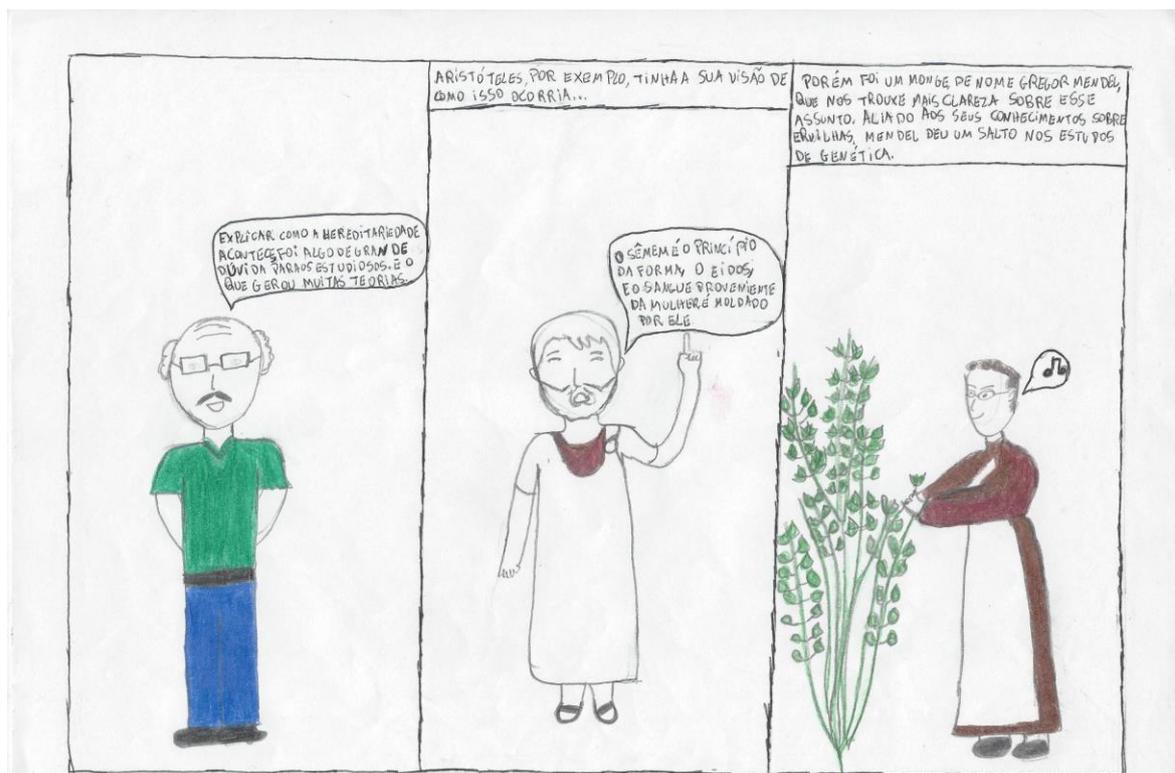
Fonte: Participante da disciplina (Tatiana).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, balões de fala e um personagem, se caracterizando como uma tirinha com caráter explicativo (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque histórico, abordando a ideia de “fatores”. O enredo faz referência ao trabalho de Mendel com *Pisum sativum*, retratando Mendel observando pés de ervilha, depois suas sementes lisas e rugosas e, após se questionar sobre “Mas o que há em comum?”, conclui que são os fatores.

Nessa HQ não há nenhuma menção ao contexto histórico em que está inserido o pesquisador, tampouco há referência às influências que levaram Mendel ao desenvolvimento de sua pesquisa. Esse tipo de narrativa coaduna com uma perspectiva individualista e elitista da ciência (PÉREZ et al., 2001), pois o cientista é retratado como alguém que inicia sua pesquisa e chega a conclusões “do nada”.

**Figura 13** - HQ6 produzida por participantes.



Fonte: Participante da disciplina (Dulce).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, balões de fala e três personagens, se caracterizando como uma tirinha com caráter explicativo (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque histórico, abordando a história das teorias da hereditariedade. O enredo faz referências às ideias de Aristóteles, que afirmava que “*O sêmen é o princípio da forma, o eidos, e o sangue proveniente da mulher é moldado por ele.*”, enquanto Gregor Mendel “[...] trouxe mais clareza sobre esses estudos”.

A estrutura narrativa dessa HQ apresenta características de linearidade (CARNEIRO; GASTAL, 2005), visto que é apresentada uma linha de desenvolvimento das ideias de hereditariedade que parte de Aristóteles e chega a Mendel, sendo que este último apresenta a ideia correta que “[...] deu um salto nos estudos de genética”. Essa estrutura pode favorecer uma visão acumulativa de crescimento linear do conhecimento científico, dando a impressão de que o conhecimento mais atual – no caso, as ideias de Mendel – são definitivas, acabadas (PÉREZ et al., 2001),

Além disso, a afirmação de que Mendel “[...] trouxe mais clareza sobre esse assunto [...]” – conforme afirmado no terceiro quadrinho, o assunto em questão é “*Explicar como a hereditariedade acontece [...]*”) – parece pressupor que Mendel tinha esse objetivo em sua pesquisa. Entretanto, a afirmação é questionável pois, como afirma El-Hani (2016), o objetivo de Mendel era descobrir se a hibridização seria capaz de produzir novas espécies e, apesar do trabalho de Mendel ter sido central para a compreensão moderna desse tema, isso se deve mais a reinterpretação posterior de seu trabalho.

Figura 14 - HQ7 produzida por participantes.



Fonte: Participante da disciplina (Juliana).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, balões de fala e três personagens, se caracterizando como uma tirinha com caráter explicativo (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque em histórico-filosófico. O enredo apresenta um diálogo entre um cientista do passado e um cientista do presente que possuem compreensões diferentes sobre o significado do termo híbrido. O primeiro entende que “[...] *híbridos são as ervilhas com “caracteres” diferentes.*”, já o segundo afirma que “*Para nos, são descendentes de duas espécies diferentes que não geram descendentes férteis...*”.

Nesse sentido, a HQ destaca que um mesmo termo pode apresentar diferentes significados em momentos históricos distintos, o que revela a importância de se evitar anacronismos por meio da busca pelo significado de determinadas termos e expressões em seu contexto histórico específico.

O último quadrinho traz a seguinte fala do “cientista do presente”: “*Quanto novos conhecimentos poderiam ser descobertos se você possuísse os nossos conhecimentos prévios!!*”. Essa afirmação indica que as teorias científicas são desenvolvidas a partir dos conhecimentos prévios do cientista e, conseqüentemente, diferentes conhecimentos prévios gerariam resultados diferentes. Tal visão coaduna com a recusa do empirismo e com ideia de que o conhecimento se inicia com paradigmas conceituais e teorias (PÉREZ et al., 2001).

## 4.4. Módulo 2

### 4.4.1. Momento 7

O objetivo desse encontro foi permitir que os participantes compreendessem os principais mitos em relação ao trabalho e as ideias de Mendel, assim como, entendessem que os paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico.

Os participantes foram dispostos em semicírculo e orientados a ler a HQ e, após a leitura, que relatassem o que haviam compreendido. A seguir apresentamos a HQ acompanhada de uma descrição dos temas, referências e conteúdos abordados em seu enredo:

**Figura 15** –HQ “Um mito chamado Mendel”.



Fonte: Lucas Freitas Pereira Carneiro

**Temas:** Mendel, herança mendeliana, História da Ciência.

**Referência:** “O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na História da Genética” (EL-HANI, 2016).

**Conteúdos abordados:** A história de Mendel e suas contribuições têm sido apresentada muitas vezes, tanto no contexto escolar quanto no contexto acadêmico, de forma anacrônica, atribuindo a Mendel termos e conceitos que surgiram posteriormente ao seu trabalho (como o conceito de gene, fenótipo e genótipo, dentre outros) e ignorando o contexto em que ele trabalhou. Até mesmo a ideia de Mendel era um pesquisador engajado na investigação do fenômeno da herança é questionável, visto que seu maior interesse eram as investigações sobre a hibridização.

A partir da leitura da tirinha os participantes expressaram que existem erros sobre a história de Mendel e que essas informações errôneas são apresentadas em livros sobre o assunto, em especial no nível de educação básica. Essa compressão está em acordo com a ideia do Mendel mítico proposta por El-Hani (2016). A seguir apresentamos fragmentos de fala que ilustram esse aspecto:

*Tatiana: Num primeiro momento ela demonstra um erro de interpretação dos dados, né? Ele cita os dados, né, e o outro vem com um argumento que rebate inicialmente os dados e ele fica meio que confuso, assim...você vê que é um choque, né? Você trata o Mendel numa situação que realmente não é...os estudos dele não tinham essa perspectiva, as pessoas têm um entendimento errado do que foi a história de Mendel, né? Primeiramente ela nos mostra isso. E depois tem aquela...tem uma questão um tanto quanto implícita que é a questão dos livros, né? Alguns livros trazem algumas informações que são completamente erradas no sentido do trabalho dele. Ou informações que estão erradas ou resumidas, nesse sentido. Percebi mais nessa perspectiva.*

*Dulce: Eu percebi que a tirinha tá retratando que foi atribuído a Mendel coisas que na verdade não era perspectiva de estudo dele, e que é repassada até hoje nos livros. Tanto que no final o rapaz tava confuso com o livro didático que tava mostrando uma coisa que não era.*

*Professor: Vocês se identificaram com essa primeira fala do personagem? Essa imagem do Mendel que é apresentada, vocês conseguem lembrar de momentos em que vocês viram isso? Vocês tinham essa compreensão?*

*Tatiana: No Ensino Médio, né? É bem comum eles colocarem a questão dos genes na atribuição de Mendel. No Ensino médio eu vi algumas vezes. É bem comum isso.*

*Rodrigo: Até porque quando o povo fala Leis de Mendel dá a entender que foi ele que propôs as leis. Meio que atribui todo o crédito a ele, como se de fato fosse ele que escreveu.*

Destacam-se as falas de Tatiana e Rodrigo que apresentam exemplos dessa abordagem errônea: a ideia de que Mendel utilizou o conceito de gene em suas explicações e a ideia de que Mendel formulou de forma clara as leis que são atribuídas a ele. Esses são, de fato, erros históricos apontados na literatura especializada (MARTINS; PRESTES, 2016).

Após essa discussão inicial acerca da HQ, foi realizada a leitura e discussão do artigo “O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na história da Genética” (EL-HANI, 2016). O artigo trata do problema do chamado Mendel mítico, isto é, uma série de elementos errôneos presente nas narrativas históricas sobre Mendel encontradas tanto na ciência escolar como na literatura científica. Por exemplo, é possível afirmar que Mendel não era, como comumente retratado, um monge isolado e ignorado, tampouco fazia parte de uma comunidade científica dedicada ao problema da herança. Há, nesse sentido, uma tendência a se ignorar o real contexto de seu trabalho, assim como muitas ideias posteriores ao seu trabalho são atribuídas a ele, o que acaba por ofuscar o verdadeiro papel desse cientista na História da Genética.

A leitura foi realizada de forma conjunta onde cada participante leu trechos do texto em voz alta, sendo que os professores e participantes podiam, caso desejassem, fazer comentários ou levantar questionamentos relevantes à discussão. Após o término da leitura, estimulamos os participantes a falar sobre o que os chamou atenção na leitura do texto e que aspectos eles acharam mais importantes.

Um dos participantes traçou um paralelo entre o chamado Mendel mítico e a forma como a história da Física é abordada no ambiente escolar e acadêmico. Há a percepção de que existe, da mesma forma que ocorre com a História da Genética, uma construção mítica que envolve as figuras de Newton e Einstein, sendo praticamente ignorado o contexto em que se inserem seus trabalhos e também a contribuição de outros cientistas para a Física. El-Hani (2016), nesse sentido, aponta que a construção de mitos não se restringe a figura de Mendel, sendo possível identificar mitos envolvendo Darwin, Newton e muitos outros. Segue o trecho de fala que ilustra essa percepção:

*Tatiana: O Newton ele... assim... o ensino de física tanto na educação básica e até mesmo na superior você percebe isso, que tem um intervalo de tempo muito grande que ninguém fala de outros físicos, aí a história começa em si em Newton, com as leis de Newton e tal, e você percebe também que o Einstein também é muito citado com a teoria da relatividade, mas ninguém fala dos outros cientistas que estavam inseridos ali naquele momento. Então você percebe o seguinte, que tem dois grandes ícones na física, né? Você pode colocar Copérnico ali também mas o Copérnico é muito pouco citado. No ensino básico quase não se ouve a história de Copérnico e você trabalha muito com Newton e com Einstein e depois de Einstein você percebe que tem um intervalo, que ninguém cita mais nenhum físico contemporâneo. Aí você percebe o seguinte, parece que a física está embasada nas descobertas e nos estudos de Newton e de Einstein. A gente tem essa percepção que tem muitos intervalos, muitos buracos na história da física. São intervalos de tempo por volta de dois séculos, três séculos...aí você percebe o seguinte, que a história da física também tem esses...tem problemas sérios em relação a isso, a contexto histórico, a outros cientistas, enfim. Coloca dois mitos e pronto.*

Um dos participantes fez referência ao problema com a ideia popular de que o mecanismo da hereditariedade estabelecido pela genética clássica poderia ser encontrado no trabalho de Mendel, o que é, segundo El-Hani (2016), um erro pois esse mecanismo foi formulado a partir da reinterpretação do texto de Mendel na virada para o século XX, não podendo ser encontrado de forma clara no trabalho original do monge. Segue abaixo a fala do participante:

*Juliana: É engraçado que Mendel acabou conhecido por uma coisa que ele não criou totalmente e o que ele criou totalmente, a parte experimental, ele não é tão reconhecido. Com a redescoberta eles pegaram um conhecimento que eles tavam já criando e fundamentaram em Mendel.*

Além disso, a afirmação de que “[...] o que ele criou totalmente, a parte experimental, ele não é tão reconhecido [...]” faz referência ao desenho experimental construído por Mendel que viria a ser um dos principais fundamentos da Genética, utilizado por vários outros pesquisadores posteriores à Mendel e que foi utilizado em outras áreas além da Genética, transformando a Biologia em uma área largamente experimental durante o século XX (EL-HANI, 2016). Esse fato é comumente ofuscado nas explicações sobre o impacto de Mendel na História da Genética.

Outro assunto abordado na discussão foi a importância de que cientistas e professores tenham cuidado com o estudo da História da Ciência a fim de evitar reinterpretações errôneas e anacrônicas acerca do trabalho, ideias e do contexto no qual os cientistas do passado estão inseridos. A seguir um trecho de fala que ilustra esse aspecto:

*Tatiana: Nós como cientistas ou como professores, depende a perspectiva, temos que tomar muito cuidado com essa questão da redescoberta, reintrodução, porque as vezes você percebe o seguinte... com Mendel isso é bem perceptível nesse artigo, que ele trabalhou em uma perspectiva e mudaram totalmente a questão a partir de uma segunda reinterpretação. Isso aí teve um abismo de diferença entre o que ele disse e o que eles interpretaram.*

Após essas discussões, orientamos os participantes a elaborar uma HQ baseada no artigo lido em sala e nas discussões realizadas. A elaboração das HQs poderia ser feita de forma individual ou em dupla.

#### 4.4.2. Momentos 8-9

No Momento 8 os participantes tiveram um período para a elaboração das HQs de forma livre com o objetivo de permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos. O momento foi à distância a fim de permitir que os participantes tivessem tempo específico para refletir sobre as leituras e discussões realizadas no encontro presencial anterior podendo, eventualmente, revisitar o artigo utilizado em sala ou consultar outras fontes para a construção de suas HQs.

No Momento 9 os participantes apresentaram e discutiram as HQs elaboradas pelos mesmos com base na leitura do artigo “O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na história da Genética” (El-HANI, 2016) e nas discussões realizadas no encontro anterior, possibilitando um momento de exposição dos conhecimentos adquiridos e de discussão de ideias.

Após a leitura das HQs, foram identificadas três categorias a partir dos diferentes enfoques abordados em seus enredos:

- (I) enfoque historiográfico: enredo que aborda questões gerais e problemas sobre História da Ciência.
- (II) enfoque no objetivo do trabalho de Mendel: enredo que aborda especificamente questões sobre o objetivo principal do trabalho de Mendel.
- (III) enfoque no desenvolvimento do conhecimento científico: enredo que aborda aspectos sobre como ocorre o desenvolvimento do conhecimento científico.

Foram identificadas duas HQs com enfoque historiográfico (HQ8, HQ9), duas HQs com enfoque no objetivo do trabalho de Mendel (HQ10, HQ11) e uma HQ com enfoque no desenvolvimento do conhecimento científico (HQ12).

A seguir, apresentados a análise e discussão de cada umas das HQs produzidas pelos participantes:

Figura 16 - HQ8 produzida por participantes.



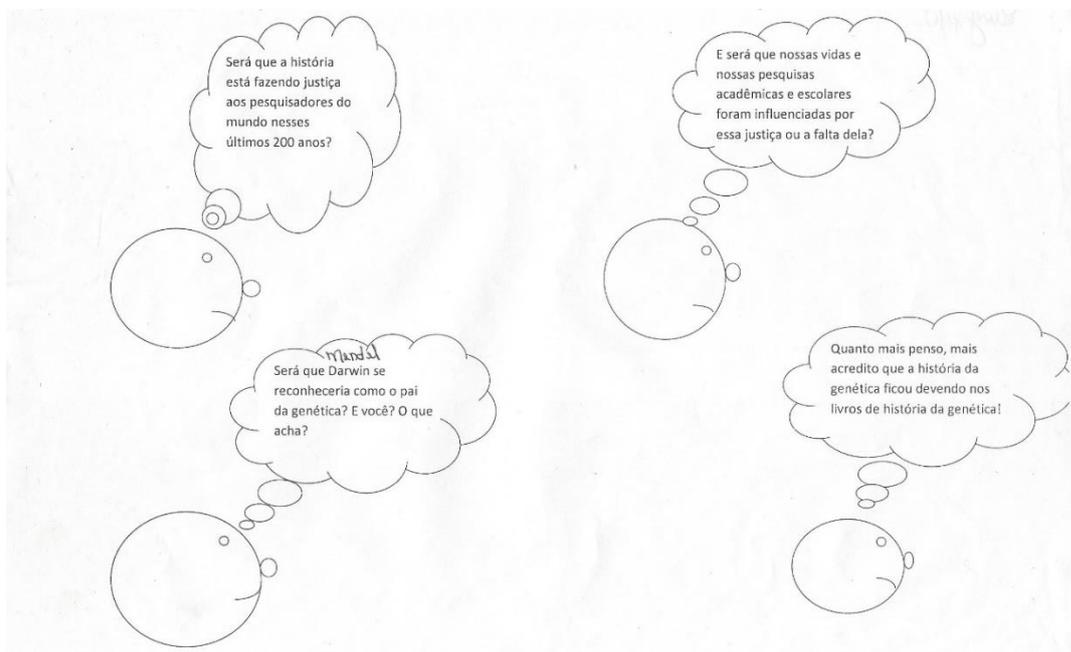
Fonte: Participante da SD (Rodrigo e Jeane).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, balões de diálogo, um narrador e um personagem, possuindo tom cômico, sendo classificada como uma tirinha, apresentando caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque historiográfico. O narrador afirma que dizem que Mendel é “[...] o primeiro cientista a propor uma teoria da hereditariedade.”, sendo responsável por descobrir os “[...] genes, situados em cromossomos [...]” além de “[...] sua distribuição pelas células-filhas nas divisões meióticas”. O próprio Mendel, diante dessas informações afirma, de forma irônica, que “[...] nem eu sabia que sabia tanto”, o que indica que essas não foram de fato proposições feitas pelo monge.

Nesse sentido a HQ ilustra o que El-Hani (2016) denomina de o Mendel Mítico, isto é, uma série de compreensões incorretas e anacrônicas sobre o trabalho e a história de Gregor Mendel que estão presentes seja na literatura científica, seja na ciência escolar. Mendel, nessa perspectiva, não propôs uma teoria geral da hereditariedade – e tampouco foi o primeiro a propô-la –, assim como não se utilizou de conceitos como genes ou cromossomos (EL-HANI, 2016; PRESTES; CALDEIRA, 2016).

**Figura 17 - HQ9 produzida por participantes.**



Fonte: Participante da SD (Tatiana).

A HQ não apresenta quadrinhos delimitados, possui linguagem verbal e não verbal, um personagem, balões de pensamento, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque historiográfico. O enredo apresenta vários questionamentos levantados pelo personagem: primeiro, há o questionamento sobre se “[...] *a história tem feito justiça aos pesquisadores do mundo nesses últimos 200 anos?*”, o que indica uma dúvida quanto a correção da história que tem chegado ao nosso conhecimento no ambiente acadêmico e escolar.

O personagem também se questiona se Mendel (a HQ traz o nome de Darwin com o nome de Mendel acima, o que foi interpretado como uma tentativa de correção de um erro feito pelo autor na elaboração da HQ) se identificaria como o pai da Genética, levantando um questionamento sobre essa ideia popularmente disseminada acerca do monge.

Por fim, o personagem conclui que “*Quanto mais penso, mais acredito que a história da genética ficou devendo nos livros de história da genética!*”. Essa visão está de acordo com a ideia de Mendel mítico apontada por El-Hani (2016), isto é, com o fato de que a história de Mendel tem sido apresentada de forma errônea tanto na ciência escolar quanto na literatura científica.

**Figura 18** - HQ10 produzida por participantes.



Fonte: Participante da SD (Maria e Danilo).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, um personagem, balões de diálogo, possuindo tom cômico, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque no objetivo do trabalho de Mendel. A HQ indica que falam que Mendel desenvolveu estudos sobre hereditariedade que tiveram grande importância, mas o próprio Mendel, de forma a contradizer essa afirmação, é retratado dizendo que “*Eu apenas estudava sobre o cultivo de plantas!*”.

A HQ destaca a ideia presente no Mendel mítico de que o monge tinha como objetivo principal estudar o fenômeno da hereditariedade, quando de fato o foco de seu trabalho com *Pisum sativum* era descobrir se a hibridização poderia produzir novas espécies (EL-HANI, 2016).

Figura 19 - HQ11 produzida por participantes.



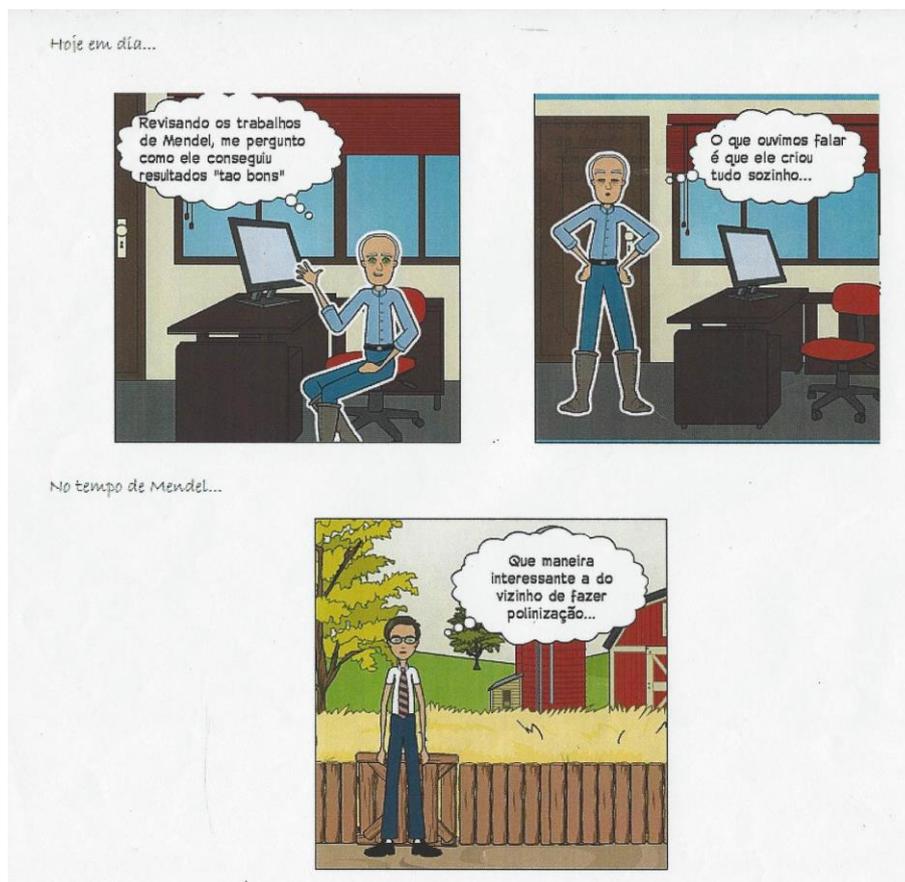
Fonte: Participante da SD (Maria Cristina).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, dois personagens, balões de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter explicativo (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque no objetivo do trabalho de Mendel. O primeiro personagem descreve Mendel como “[...] *o cara das ervilhas!*”, destacando que a pesquisa com *Pisum sativum* é o aspecto mais conhecido da vida do monge. Em seguida, ele é questionado pela outra personagem sobre o objetivo da pesquisa de Mendel, respondendo que é “[...] *Herança genética!*”. A segunda personagem responde que “[...] *Todos só dizem isto!*”, indicando que essa é uma ideia predominante. Ela então explica que o certo é que “[...] *Ele queria saber se a hibridização produziria novas espécies*”.

A HQ aborda a ideia popularizada no Mendel mítico de que o cientista tinha como objetivo estudar o fenômeno da hereditariedade em primeiro lugar, quando na verdade foco do seu trabalho com *Pisum sativum* era descobrir se a hibridização poderia produzir novas espécies (EL-HANI, 2016).

**Figura 20** - HQ12 produzida por participantes.



Fonte: Participante da SD (Juliana).

A HQ apresenta estrutura com 3 quadrinhos, linguagem verbal e não verbal, dois personagens, balões de pensamento, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque no desenvolvimento do conhecimento científico. O personagem reflete, após revisar os trabalhos de Mendel, sobre “[...] *como ele conseguiu*

*resultados tão bons.”* e afirma que “[...] *ouvimos falar é que ele criou tudo sozinho.”*. Mendel, entretanto, é retratado em seu tempo observando a plantação de um vizinho e pensando sobre a maneira que o mesmo realizava a polinização de suas plantas, o que antagoniza com a ideia de que teria feito tudo sozinho.

A HQ destaca que muitas vezes se tem uma visão idealizada do trabalho de grandes cientistas, que são representados como gênios isolados, o que ocorre também com Mendel (EL-HANI, 2016). Apesar de não haver nenhuma indicação histórica de que Mendel tenha aprendido técnicas de polinização com algum vizinho, a HQ traz à tona o fato de que grandes cientistas também recebem a contribuição de outras pessoas para a realização de seus trabalhos, refletindo o caráter comunitário do conhecimento científico.

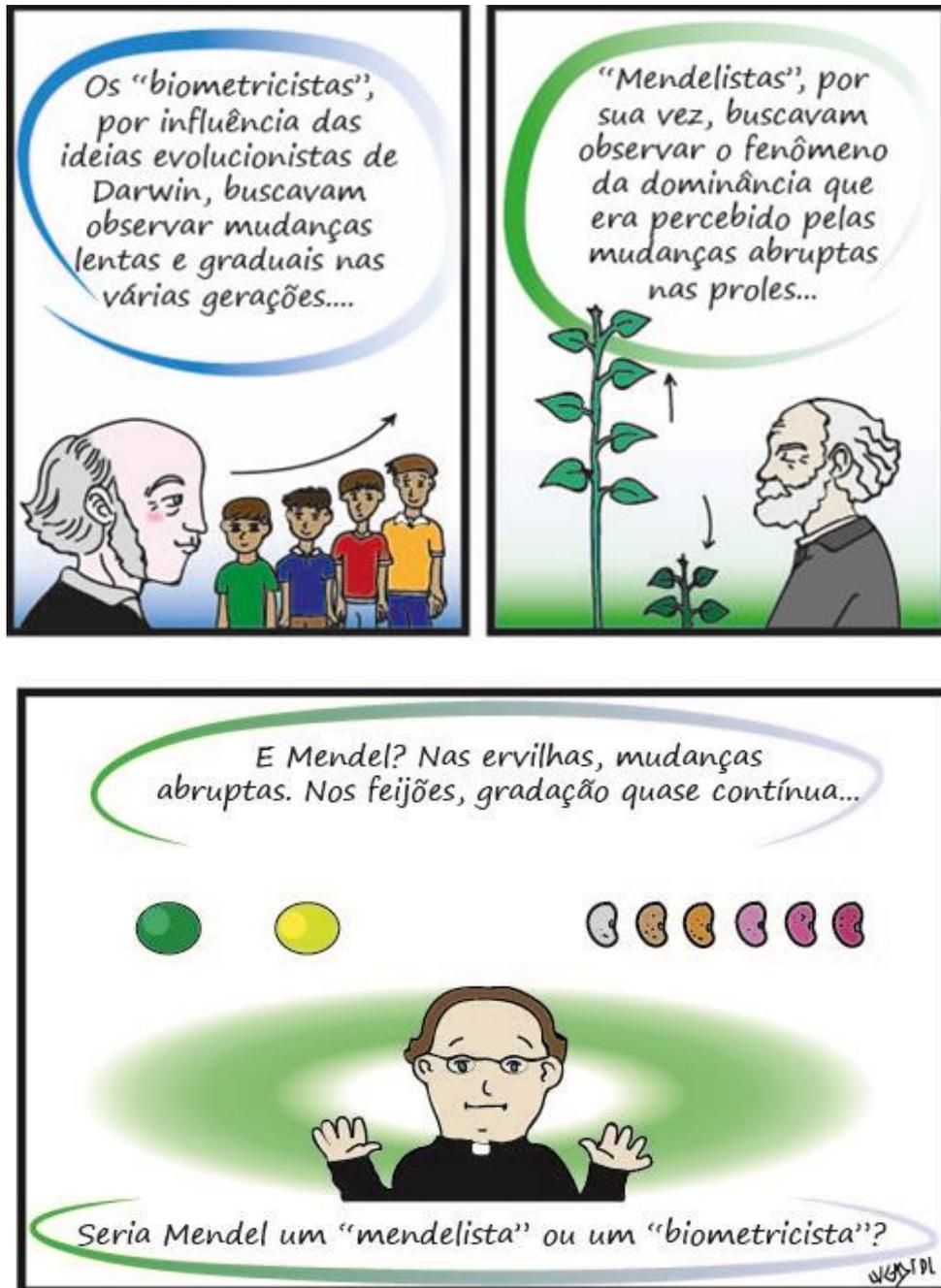
### **4.5. Módulo 3**

#### **4.5.1. Momento 10**

O objetivo desse encontro foi permitir que os participantes compreendessem o contexto histórico da chamada “redescoberta” ou reinterpretação do trabalho de Mendel pelos mendelistas no século XX e suas implicações teóricas, além de compreender que há uma pluralidade de métodos científicos e que os paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico

Os participantes foram dispostos em semicírculo e orientados a ler e expressar suas concepções acerca de uma HQ instigadora elaborada pelos autores desse trabalho. A seguir apresentamos a HQ acompanhada de uma descrição dos temas, referências e conteúdos abordados em seu enredo:

Figura 21 - HQ “Mendel mendelista ou biometricista?”.



Fonte: Lucas Freitas Pereira Carneiro

Temas: Mendel, herança mendeliana, mendelistas, biometricistas, História da Ciência.

Referência: O Mendel que não era mendelista (MATIOLI, EGGERS, 2016)

**Conteúdos:** No início do século XX dois grupos com perspectivas distintas de análise do fenômeno da herança se estabeleceram: os chamados “biometricistas”, pesquisadores que seguiram a linha de pesquisa de Galton e que se alinhavam a noção evolutiva de Charles Darwin, onde mudanças eram sempre lentas e graduais entre os indivíduos de uma população; e os chamados “mendelistas”, que defendiam a generalidade das “leis de Mendel” com base nas partículas ou fatores hereditários que determinavam os caracteres biológicos conforme desenvolvidas na “redescoberta” dos trabalhos de Mendel em 1900 por Vries, Tschermak e Correns. A HQ levanta a seguinte indagação: “E Mendel? Onde ele se encaixaria nessa disputa?”. Se por um lado, seu trabalho com *Pisum sativum* parece fornecer os alicerces que sustentam a posição “mendelista”, por outro lado um trabalho muitas vezes desconhecido de Mendel que trata da experimentação com cruzamento de espécies de *Phaseolus* (feijão) resultou em uma gradação quase contínua da coloração das sementes, diferentemente dos resultados com as ervilhas que apresentavam uma prole com poucas características bem definidas, o que se adequava às expectativas de um “biometricista”.

Os participantes indicaram que as duas perspectivas acerca da herança – mendelistas e biometricistas – estão presentes nas ideias de Mendel, assim como em suas ações. Essa ideia faz referência à pesquisa com *Phaseolus* onde Mendel considerou que as diferentes cores das sementes poderiam ser explicadas a partir de dois pares e fatores independentes, prenunciando a solução do conflito resolvido por Fisher anos depois (MATIOLI; EGGERS, 2016). Segue um fragmento de fala que ilustra essa percepção:

*Juliana: Eu achei bacana, e a perspectiva assim do quadrinho... um quadro fala de uma ideia, o outro fala de uma outra, aí você fica assim... você tem o reconhecimento das duas ideias e do que Mendel também poderia tá... nas ações de Mendel também, né?*

Um dos participantes concluiu que, ao representar um estudo com seres humanos e um com plantas na HQ, há uma representação de que os estudos genéticos envolvem vários objetos de estudos diferentes. Segue o trecho de fala do participante:

*Tatiana: E também tem até uma associação interessante que eu vi, que ele colocou um quadrinho com pessoas e o outro com planta, aí você até contempla a Biologia de*

*uma forma mais geral, né? Ele colocou pensadores diferentes, com ideias diferentes, mas que contemplam toda a genética biológica. Isso que eu achei interessante.*

Após essa discussão inicial acerca da HQ, foi realizada a leitura e discussão do artigo “O Mendel que não era mendelista” (MATIOLI; EGGERS, 2016). O artigo aborda a grande disputa entre perspectivas científicas acerca da lei da hereditariedade biológica no início do século XX – mendelistas *versus* biometricistas –, encerrada a partir de 1918 pelo matemático inglês Ronald Aylmer Fisher que demonstrou matematicamente que ambas as visões poderiam ser compatibilizadas. Além disso, os autores demonstram que Gregor Mendel já havia identificado elementos para compreender a natureza e a solução dessa problemática, o que pode ser verificado em seu trabalho com *Pheaseolus*.

A leitura foi realizada de forma conjunta onde cada participante leu trechos do texto em voz alta, sendo que os professores e participantes podiam, caso desejassem, fazer comentários ou levantar questionamentos relevantes à discussão. Após o término da leitura, estimulamos os participantes a falar sobre o que os chamou atenção na leitura do texto e que aspectos eles acharam mais importantes.

Alguns participantes, inicialmente, haviam compreendido que existia uma incompatibilidade entre a lei da regressão para a mediocridade de Galton e a perspectiva mendelista. Entretanto, o artigo apresenta que os trabalhos de Nilsson Ehle e, posteriormente, Ronald Fisher, demonstraram a compatibilidade entre as ideias de mendelistas e biometricistas (MATIOLI; EGGERS, 2016). Segue um trecho de fala que ilustra essa percepção:

*Anete: Eles falam de uma discussão, né, que os biometricistas acham que se os pais forem altos, a geração que vem será menor que a média, né? Seria diferente das leis de Mendel.*

Outro tópico abordado no diálogo entre os participantes foi a aparente ausência de menções aos biometricistas em aulas sobre Genética. Um dos participantes relacionou esse esquecimento a Lamarck, que teria contribuído para as ideias evolucionistas mas acabou ofuscado por Darwin. As falas abaixo retratam parte dessa discussão:

*Dulce: Quando eu estudava sobre essas partes de hereditariedade e genética, eu nunca ouvi falar desses biometricistas, isso é uma parte que eu nunca ouvi falar.*

*Danilo: Essa ideia me parece... não sei vocês já estudaram Lamarck? A seleção natural era mais ou menos tipo isso, entendeu? Ele começou, aí depois chegou a ideia de seleção natural de Charles Darwin e a ideia dele foi esquecida. Mas não que ele não tivesse contribuído pra essa história de seleção natural, talvez tenha sido o reconhecimento que Darwin foi tendo que acabou ofuscando ele... igual esse negócio do biometricista, talvez não tenha uma teoria certa, só faltou reconhecimento depois.*

Os participantes compreenderam que as ideias dos biometricistas e dos mendelistas poderiam se complementar, concordando que ambas são dois lados da mesma moeda, como afirmam Matioli e Eggers (2016). A seguir apresentamos algumas falas que ilustram essa percepção:

*Dulce: Aqui no texto tá falando que eles partiam de estudos diferentes. E porque só um pode ser correto, né? Eles partem de pressupostos diferentes mas se complementam.*

*Tatiana: Acho que não há um estudo mais verdadeiro, melhor do que o outro. Todos eles é uma continuação.*

Durante a discussão também foi salientado que é importante avaliar ideias discordantes sobre uma determinada questão a fim de identificar os possíveis aspectos positivos de ambas e chegar a uma conclusão ponderada. Nesse sentido, segue um trecho de fala de um dos participantes:

*Tatiana: Acho que não há um estudo mais verdadeiro, melhor do que o outro. Todos eles é uma continuação, assim... essa ideia a gente tem que colocar mesmo, não há um herói na ciência. Isso é importante principalmente nos dias de hoje né, trabalhar a tolerância.*

Após as discussões, orientamos os participantes a elaborar uma HQ baseada no artigo lido em sala e nas discussões realizadas. A elaboração HQs poderia ser feita de forma individual ou em dupla.

#### **4.5.2. Momentos 11-12**

No Momento 11 os participantes tiveram um período para a elaboração das HQs de forma livre com o objetivo de permitir a organização e expressão dos conhecimentos

adquiridos. O momento foi à distância a fim de permitir que os participantes tivessem tempo específico para refletir sobre as leituras e discussões realizadas no encontro presencial anterior podendo, eventualmente, revisitar o artigo utilizado em sala ou consultar outras fontes para a construção de suas HQs.

No Momento 12 os participantes apresentaram e discutiram as HQs elaboradas pelos mesmos com base na leitura do texto “O Mendel que não era mendelista” (MATIOLI; EGGERS, 2016) e discussões realizadas no encontro anterior, possibilitando um momento de exposição dos conhecimentos adquiridos e de discussão de ideias.

Após a leitura das HQs, foram identificadas quatro categorias a partir dos diferentes enfoques abordados em seus enredos:

(I) enfoque nas limitações do modelo mendeliano: enredo que aborda as limitações do modelo explicativo proposto por Mendel.

(II) enfoque na disputa mendelistas *versus* biometricistas: enredo que aborda questões sobre o debate entre mendelistas e biometricistas.

(III) enfoque historiográfico: enredo que aborda questões gerais e problemas sobre História da Ciência.

(IV) enfoque no evolucionismo: enredo que aborda questões acerca da teoria evolutiva de Charles Darwin.

Foi identificada uma HQ com enfoque nas limitações do modelo mendeliano (HQ13), quatro HQs com enfoque na disputa mendelistas *versus* biometricistas (HQ14, HQ15, HQ16, HQ17), uma HQ com enfoque historiográfico (HQ18) e uma HQ com enfoque no evolucionismo (HQ19).

A seguir, apresentados a análise e discussão de cada umas das HQs produzidas pelos participantes:

Figura 22 - HQ13 produzida por participantes.



Fonte: Participante da SD (Jeane e Rodrigo).

A HQ apresenta três quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, dois personagens, balões de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque nas limitações do modelo mendeliano. O enredo da HQ apresenta um personagem falando ao seu pai que “[...] *agora descobri o porque meus olhos são azuis!*” e, ao ser indagado do motivo pelo pai, responde que “*Porque eu herdei uma característica recessora da minha avó, Mendel explica pai!*” (o termo mais adequado seria “recessiva” ao invés de “recessora”). O Pai, entretanto, questiona “*Mendel...tem certeza?*”, indicando uma dúvida se Mendel realmente seria capaz de explicar esse fenômeno.

A HQ visa expressar que algumas características, como a cor dos olhos, não são explicadas apenas por meio das explicações propostas por Mendel. Isso coaduna com a ideia de que muito do que é atribuído a Mendel atualmente não foi, de fato, proposto por Mendel, mas são construções posteriores a partir da redescoberta de seus trabalhos (MARTINS; PRESTES, 2016).

Figura 23 - HQ14 produzida por participantes.



Fonte: Participante da SD (Juliana).

A HQ apresenta três quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, três personagens, balões de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque na questão mendelistas *versus* biometricistas. O enredo se inicia com uma personagem questionando a um doutor sobre “[...] *que tamanho será o nosso bebê quando crescer*” Outro personagem afirma, na sequência, que “*Os biometricistas achavam que se os pais forem grandes, os filhos serão menores que a média deles*”. O doutor então responde que, se a afirmação dos biometricistas for verdadeira, “[...] *onde fica o princípio da hereditariedade?*”, o que indica uma aparente contradição entre o chamado princípio da hereditariedade e a ideia dos biometricistas.

A HQ visa expressar a ideia chamada de regressão para a mediocridade verificada por Galton, que propôs que pais com medidas superiores à média da população tenderiam a ter filhos com medidas menores que a média dos pais. Nesse sentido o personagem afirma que “[...] *se os pais forem grandes, os filhos serão menores que a média deles*”. Entretanto seria mais correto afirmar que se as medidas dos pais forem maiores que a média da população, os filhos teriam medidas menores que a média deles (MATIOLI; EGGERS, 2016).

O questionamento final – “[...] *onde fica o princípio da hereditariedade?*” – não é claro. O autor parece indicar que há contradição entre o conceito de hereditariedade e a ideia de Galton, mas não há nenhuma definição exata sobre qual seria essa contradição.

Uma possibilidade é que o autor se referiu ao “[...] *princípio da hereditariedade*” a partir da perspectiva dos mendelistas (MATIOLI; EGGERS, 2016).

**Figura 24** - HQ16 produzida por participantes.



Fonte: Participante da SD (Dulce).

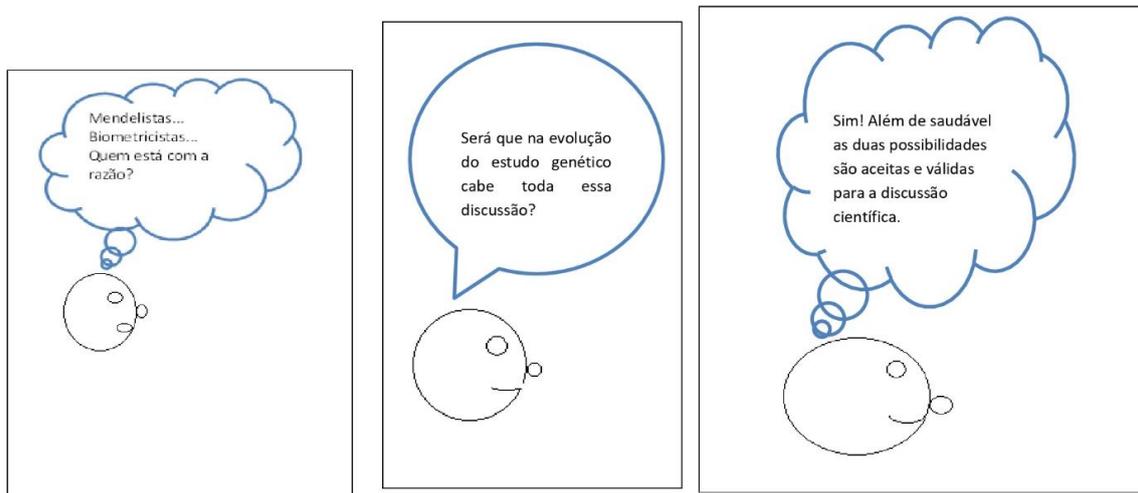
A HQ apresenta dois quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, três personagens, balões de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque na questão mendelistas *versus* biometricistas. O enredo apresenta dois personagens discutindo sobre quem seriam os melhores, os mendelistas ou os biometricistas. O personagem que defende os mendelistas afirma que “[...] *ninguém lembra*” dos biometricistas, passando a ideia de que os mendelistas seriam mais lembrados e/ou que suas ideias tenham sido mais bem-sucedidas. Um terceiro personagem interrompe a discussão questionando “[...] *porque apenas uma forma de pensamento tem que estar correta?*”.

A tirinha visa retratar o embate entre as duas correntes de pensamento que teve seu ápice no começo do século XX. O questionamento final levantado pelo personagem parece fazer referência às ideias apresentadas pelo botânico Nilsson Ehle que iniciou, por meio de suas pesquisas com espigas de trigo, a solução do conflito entre essas duas correntes de pensamento (MATIOLI; EGGERS, 2016).

**Figura 25** - HQ16 produzida por participantes.

Mendel em: Possibilidades!



Fonte: Participante da SD (Tatiana).

A HQ apresenta três quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, um personagem, balões de pensamento e diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter instigador (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque na questão mendelistas *versus* biometricistas. O enredo apresenta um personagem refletindo sobre a disputa entre mendelistas e biometricistas e se “[...] *na evolução do estudo genético cabe toda essa discussão?*”, chegando à conclusão de que “[...] *além de saudável as duas possibilidades são aceitas e válidas para a discussão científica*”.

Ao indicar as duas possibilidades “[...] são aceitas e válidas para a discussão científica.”, a HQ parece fazer referência às ideias apresentadas pelo botânico Nilsson Ehle, o qual propôs um modelo explicativo para a coloração de espigas trigo obtidas a partir de linhagens com diferentes cores de espigas que explicava o surgimento de uma cor intermediária na primeira geração e uma graduação de cores na segunda (aspecto que era de interesse nas pesquisas dos biometricistas) por meio da contribuição de três pares de fatores mendelianos (o que se encaixava na perspectiva dos mendelistas), iniciando assim a solução do conflito entre essas duas perspectivas de interpretação do fenômeno da herança (MATIOLI; EGGERS, 2016).

Figura 26 - HQ17 produzida por participantes.



Fonte: Participante da SD (Danilo e Maria).

A HQ apresenta quatro quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, dois personagens, balões de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter motivador (TESTONI, 2004).

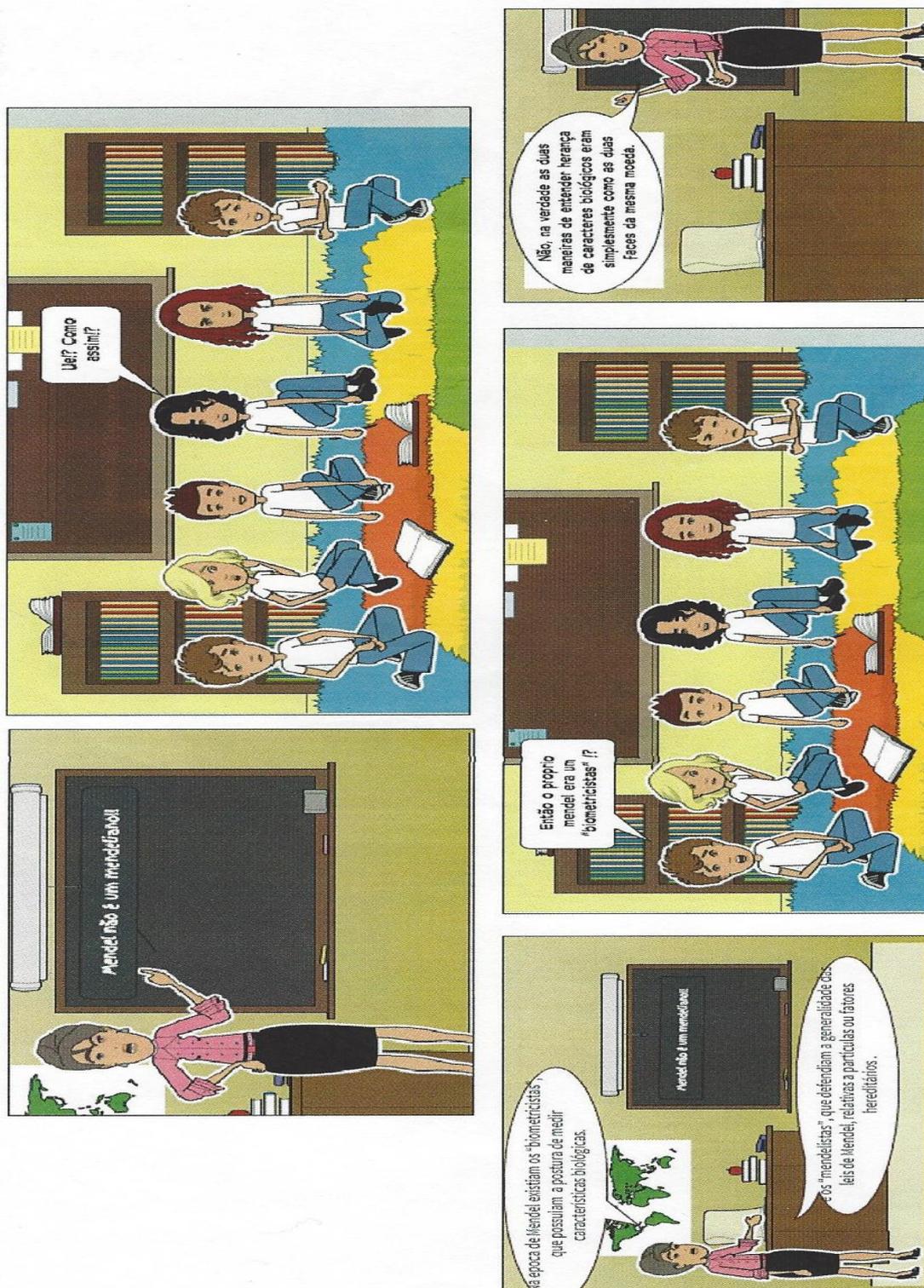
Ela apresenta enfoque historiográfico. Mendel é retratado como um super-herói que tenta convencer outro personagem de que é um “[...] *super-herói da genética* [...]” e “[...] o *“Pai da Genética”* [...]”, o que é classificado como uma “[...] *lorota...*” já que ele “[...] *nunca participou sequer de um debate científico sobre genética*”.

A forma com que Mendel é retratada parece fazer menção ao Mendel mítico, ou seja, a forma errônea com que a história de Mendel e seu trabalho e comumente retratada em texto acadêmicos e escolares (EL-HANI, 2016).

A afirmação de que Mendel “[...] *nunca participou sequer de um debate científico sobre genética*” parece fazer referência a ideia de que Mendel não se inseria em uma comunidade científica ativa na busca pela compreensão do fenômeno da herança (que incluía nomes como Spencer, Galton, Nägeli, dentre outros), mas sim em uma comunidade científica dedicada a investigações sobre o cultivo de plantas, fato que pode estar relacionado com o aparente esquecimento que seu trabalho sofreu antes da sua redescoberta (EL-HANI, 2016).

Destaca-se que essa HQ faz referência a discussões realizados no encontro “x”, não apresentando uma temática relacionada diretamente às discussões realizadas no encontro anterior e que deveriam servir de referência para a elaboração da HQ a ser apresentada nesse momento.

Figura 27 - HQ18 produzida por participantes.



Fonte: Participante da disciplina (Juliana).

A HQ apresenta cinco quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, sete personagens, balões de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter explicativo (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque na questão mendelistas *versus* biometricistas. O enredo apresenta uma professora em uma classe com alunos que escreve no quadro-negro a seguinte afirmação: “*Mendel não é um mendeliano!*!”. Um dos estudantes não compreende a afirmação e a professora explica que haviam dois grupos – biometricistas e mendelistas – com diferentes interpretações sobre a herança. Um estudante questiona se “[...] *Mendel era um “biometricista”!*?” e a professora responde que “*Não [...]*” e que ambas as visões eram “[...] *simplesmente faces da mesma moeda*”.

A ideia de que Mendel não era mendeliano faz referência ao fato de que a reinterpretção dos trabalhos de Mendel na década de 1900 pelos chamados mendelistas introduziu generalizações e conceitos que não foram elaborados por Mendel (MARTINS; PRESTES, 2016).

A afirmação de que ambas as visões eram “[...] *simplesmente faces da mesma moeda*” parece fazer referência às ideias apresentadas pelo botânico Nilsson Ehle que iniciou, por meio de suas pesquisas com espigas de trigo, a solução do conflito entre essas duas correntes de pensamento (MATIOLI; EGGERS, 2016).

**Figura 28** - HQ19 produzida por participantes.



Fonte: Participante da disciplina (Anete).

A HQ apresenta quatro quadrinhos, possui linguagem verbal e não verbal, um personagem, balão de diálogo, sendo classificada como uma tirinha com caráter ilustrativo (TESTONI, 2004).

Ela apresenta enfoque no evolucionismo. A história ilustra o crescimento de uma planta: no primeiro quadro, ela está em tamanho pequeno e sob o sol, no segundo está chovendo e a planta apresenta tamanho maior e, no último, a planta está maior e com frutos e sob o sol. No último quadrinho um personagem que aparentemente retrata o cientista Charles Darwin afirma que “A natureza não dá salto! As mudanças são lentas e graduais.”, o que se relaciona com a série de eventos apresentadas anteriormente.

A HQ apresenta uma incoerência entre aquilo que é representado nos três primeiros quadrinhos e a teoria evolutiva de Darwin. A ideia de Darwin resumida na expressão em latim *natura non facit saltum* (a natureza não dá salto) se refere a sua ênfase de que a seleção natural agia de sobre pequenas diferenças entre os indivíduos da população, de forma que a mudança evolutiva ocorreria de forma gradual e lenta

(MATIOLI; EGGERS, 2016). Entretanto, a tirinha relaciona essa ideia ao crescimento gradual durante a vida de uma única planta.

A escolha de abordar a ideia de Darwin na HQ, mesmo que as discussões anteriores tenham sido centradas na figura de Mendel e no debate mendelistas *versus* biometricistas, possivelmente se deve ao fato de que Darwin foi citado tanto no artigo lido quando nas discussões em relação a proximidade das ideias dos biometricistas com as suas teorias evolutivas.

#### **4.6. Produção final/Momento 13**

Nesse Momento realizamos a aplicação do questionário final (Apêndice 4) que teve o objetivo de identificar as concepções dos participantes acerca da SD e dos recursos didáticos utilizados.

Apresentamos, a seguir, a análise e discussão das respostas dadas pelos participantes para as questões presentes no questionário final. As questões apresentam o termo “disciplina” pois a SD foi construída no contexto da disciplina de “Recursos Didáticos no Ensino de Ciências”.

*1. De forma geral, como você avalia essa disciplina? Escreva suas impressões, sentimentos, opiniões, críticas e/ou sugestões:*

Todos os participantes fizeram uma avaliação positiva da SD. Algumas respostas indicam que os participantes alcançaram um estado de ludicidade, que se caracteriza pelo bem-estar, alegria e plenitude que se sente ao investir tempo em uma atividade (LUCKESI, 2014). Seguem alguns trechos que ilustram esse aspecto:

*Rodrigo: Foi uma disciplina que tive muito prazer em fazer pois pude aprender história e genética de um jeito extremamente descontraído.*

*Maria: Eu gostei bastante e acho uma pena não termos tempo suficiente para trabalhar com outros tipos de recursos, mas mesmo assim achei as aulas muito produtivas.*

Alguns participantes relataram que a disciplina apresentou conteúdos que eles desconheciam sobre genética e sobre a História de Mendel. Seguem alguns trechos das respostas que exemplificam esse aspecto:

*Maria: Tive a oportunidade de estudar coisas sobre a genética, sobre os estudos de Mendel, que eu nem imaginava.*

*Dulce: [...] foi muito interessante e enriquecedor, principalmente pelos textos abordados na disciplina, que expuseram fatos que eu desconhecia, então a disciplina foi ótima.*

*Anete: [...] revendo os conceitos de genética relembrei aspectos que havia esquecido e aprendi outros.*

Também foi relatado por alguns participantes que a disciplina apresentou uma nova perspectiva pedagógica para ser utilizada em sala de aula. Seguem alguns trechos que apresentam essa perspectiva:

*Anete: Eu gostei bastante de participar aprendi uma nova forma de dar aula.*

*Danilo: Boa, me ajudou desenvolver ideias mais práticas de como desenvolver métodos fáceis de aplicar o ensino de ciências de forma mais ampla.*

Um dos participantes indicou que a metodologia utilizada na SD favoreceu a aprendizagem por estimular os participantes a produzirem as HQs, permitindo-os a expressar seus conhecimentos de forma clara. Esse é, de fato, um dos aspectos importantes que as HQs podem favorecer no contexto pedagógico (PIZARRO, 2009). Segue a fala da participante:

*Maria Cristina: A disciplina teve uma didática bem diferente, onde o aluno é levado a criar uma história de acordo com um artigo, a proposta foi muito importante para o conhecimento, desta forma o aluno é obrigado a entender e mostrar como outros entenderão de forma clara através das histórias construídas.*

Duas sugestões foram apresentadas para melhora da SD. Um dos participantes sugeriu que a SD, caso seja reaplicada em outra situação, não tenha “[...] longos intervalos sem aula [...]”, sendo substituídos por aulas presenciais. Como já explicitado, esse

intervalo entre algumas aulas teve como objetivo permitir que os participantes tivessem tempo para refletir e elaborar as HQs. O processo de criação e confecção de uma HQ exige um certo tempo e pensamos ser necessário que os professores que utilizem esse recurso permitam que os alunos dispendam o tempo necessário para esse processo, seja de forma presencial ou não.

A segunda sugestão foi de que fosse disponibilizada um momento para ensinar os participantes a utilizar os *softwares* disponíveis para a construção de HQs. Esse é um aspecto importante, pois muitos participantes, mesmo com conhecimento básico sobre utilização de aparelhos eletrônicos, não possuem conhecimento sobre como utilizar esses recursos que permitem a elaboração de HQs mesmo por pessoas que não tenham habilidade de desenho.

## *2. Você acha que essa disciplina contribuiu para sua formação? Justifique:*

Todos os participantes acharam que a SD contribuiu para a sua formação. Identificamos três diferentes tipos de respostas utilizadas para justificar como ocorreu essa contribuição, as quais serão apresentadas e exemplificadas a seguir.

A primeira justificativa apresentada pelos participantes foi de que “A SD auxiliou na formação docente pois trouxe conhecimentos sobre a utilização de recursos didáticos”. Somente um participante não apresentou uma resposta nesse sentido, o que indica que a utilização dos recursos didáticos e, em especial, das HQs foi um diferencial para a maioria dos participantes. Seguem algumas falas que ilustram essa perspectiva.

*Rodrigo: Com certeza, acredito que foi uma experiência que acrescentou muito na minha formação e me deu a capacidade de ter um recurso didático a mais em sala de aula. Me permitiu ver as histórias de uma forma diferente, não apenas como uma diversão, passatempo, mas como algo que pode auxiliar muito no processo de ensino-aprendizagem.*

*Maria: Sim, contribuiu para ampliar minha visão acerca dos materiais didáticos que podem ser utilizados em sala de aula e que eu não havia tido experiência igual.*

*Anete: Sim, já que me fez questionar a forma “tradicional” de ensinar e pensar em novas formas para as futuras aulas.*

O segundo tipo de respostas identificadas foi “A SD contribuiu para compreender melhor conteúdos de Genética”, o que está de acordo com a perspectiva indicada por Pedreira (2014) de que as HQs podem auxiliar na aprendizagem de conceitos de Genética. Dois participantes apresentaram respostas nesse sentido, conforme apresentamos nos trechos a seguir:

*Rodrigo: Definitivamente. Primeiro pelos ensinamentos a respeito de Mendel, pois foram abordados temas muito interessantes e pouco comentados durante o ensino médio [...]Esta disciplina definitivamente me fez ver os quadrinhos com outros olhos e também a história de Mendel!*

*Anete: [...] tive uma nova perspectiva em relação ao estudo de genética.*

Por fim, o terceiro tipo de respostas identificado foi “A SD contribuiu para uma melhor aprendizagem”. Apenas um participante apresentou uma resposta nesse sentido, atribuindo à metodologia utilizada na SD uma facilitação na capacidade de síntese dos conteúdos abordados. Segue o trecho que ilustra esse aspecto:

*Maria: Foi muito produtivo, eu vi como uma forma de sintetizar todo o conhecimento que era adquirido nas aulas, com os debates, análise dos textos e do documentário.*

3. Como você avalia o uso das Histórias em Quadrinhos nessa disciplina? Escreva suas impressões, sentimentos, opiniões, críticas e/ou sugestões:

Todos os participantes avaliaram positivamente o uso de HQs na SD. Alguns participantes deram respostas que indicaram que os mesmos alcançaram um estado de

ludicidade por meio das atividades que envolviam as HQs, conforme a definição de Luckesi (2014). Segue trechos de respostas que ilustram esse aspecto:

*Jeane: As aulas ficaram mais dinâmicas e interessantes.*

*Louise: A história em quadrinhos é uma forma divertida e leve de tratar os assuntos.*

Também foi indicado pelos participantes que a metodologia utilizando HQs facilitou a aprendizagem dos conteúdos abordados, o que está de acordo com a literatura especializada sobre a utilização de HQs no ensino (ARAÚJO; COSTA; COSTA, 2008; BANTI, 2012; CARUSO; SILVEIRA, 2009; COSTA et al., 2006; PEDREIRA, 2014; PIZARRO, 2009). Seguem trechos de fala que exemplificam esse aspecto:

*Maria: Foi muito produtivo, eu vi como uma forma de sintetizar todo o conhecimento que era adquirido nas aulas, com os debates, análise dos textos.*

*Jeane: Uma ótima escolha, a matéria foi melhor compreendida e sintetizada com esse método.*

*Dulce: As histórias em quadrinhos serviram como uma maneira de transmitir o conteúdo abordado de uma forma mais simples e facilitada.*

Alguns participantes indicaram que a leitura de diferentes HQs produzidas pelos outros participantes permitiu que eles tivessem acesso a compreensões diferentes sobre o mesmo assunto, ampliando assim suas próprias compreensões. Segue abaixo alguns trechos que ilustram esse aspecto:

*Rodrigo: Foi muito bom, tanto pelo processo de desenvolvimento dos quadrinhos que nos força a estudar e pensar a respeito do tema, quanto pela leitura dos quadrinhos dos demais colegas, uma vez que estes abordavam a mesma temática porém, as vezes, com uma visão distinta da que foi abordada por mim, é isso era extremamente interessante pois passamos a olhar para o mesmo conhecimento de uma maneira que não estávamos olhando.*

*Maria Cristina: As histórias mostram que cada pessoa tem uma visão diferente do que leu. Sendo assim uma história pode ser composta por várias tiras diferentes, porém sempre com o mesmo sentido.*

Um dos participantes considerou que a metodologia utilizando as HQs é mais prática, possibilitando uma maior interatividade, o que está de acordo com a perspectiva defendida por Araujo, Costa e Costa (2008) de que as HQs permitem possibilidades interativas e imaginativas. Segue abaixo a fala do participante:

*Danilo: Prática, interativa, ajudou desenvolver uma metodologia mais prática.*

*4. O que você achou da experiência de produzir Histórias em Quadrinhos? Escreva suas impressões, sentimentos e opiniões:*

Todos os participantes fizeram avaliações positivas sobre a experiência de produzir HQs. Várias respostas indicam que os participantes alcançaram um estado de ludicidade, conforme definido por Luckesi (2014). Segue alguns trechos que exemplificam esse aspecto:

*Rodrigo: Esse processo, apesar de difícil, foi extremamente gratificante.*

*Tatiana: Eu gostava bastante, me sentia orgulhosa das vezes que consegui desenvolver um bom trabalho.*

Alguns participantes indicaram que tiveram dificuldades em elaborar as HQs, mas que as dificuldades foram superadas ao longo da SD e que alcançaram resultados gratificantes. Segue um trecho de resposta que ilustra essa perspectiva:

*Jeane: Foi uma experiência completamente diferente. No começo foi algo muito complicado, não sabia nem por onde começar, foi difícil pensar em um diálogo, em como ia fazer, que personagem usar, mas com o decorrer das aulas foi se tornando algo muito natural, na última já havia se tornado muito mais tranquilo, e até mesmo divertido.*

Alguns participantes indicaram que a elaboração de HQs é uma boa alternativa para professores utilizarem esses recursos em a sala de aula. A seguir, apresentamos trechos de respostas que exemplificam esse aspecto:

*Dulce: Ao produzir as histórias foi possível vê-las de um ponto de vista muito diferente, que realmente elas podem ser utilizadas como um recurso didático e dá ao professor a possibilidade de abordar um conteúdo de diversas formas.*

*Anete: Pretendo utilizar na educação básica.*

Dois participantes indicaram que a elaboração de HQs os auxiliou na aprendizagem e síntese dos conteúdos abordados, o que está de acordo com a perspectiva apresentada por Araújo et al. (2008). Seguem as falas que ilustram essa perspectiva:

*Rodrigo: Como dito anteriormente, o processo de criação foi extremamente produtivo pois nos “forçava” a estudar, pensar e compreender o tema proposto.*

*Maria: Foi muito produtivo, eu vi como uma forma de sintetizar todo o conhecimento que era adquirido nas aulas, com os debates, análises dos textos.*

Diante das respostas dadas pelos participantes, consideramos que a metodologia utilizada na SD alcançou seus objetivos, visto que, a partir das respostas dadas dos participantes, conclui-se que eles alcançaram um estado de ludicidade, puderam compreender melhor conceitos de Genética, tiveram autonomia para criar produtos e compartilhar conhecimentos, ampliando assim ainda mais suas compreensões sobre as temáticas abordadas por meio de atividades práticas, interativas e estimulantes.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As abordagens contextuais no ensino de ciências podem contribuir para a construção de um ensino que não esteja comprometido com a perpetuação de imagens deformadas sobre a natureza da ciência, com anacronismo e mitos históricos, tampouco com a transmissão de conceitos científicos de forma descontextualizada. Mas, com uma perspectiva didática que aborde os conceitos científicos sem ignorar as contribuições da

História, Filosofia e Sociologia da Ciência. Este trabalho teve o objetivo de construir e propor uma intervenção que pudesse contribuir para a concretização desses objetivos, levando em consideração a dimensão da ludicidade em um contexto de formação de professores de ciências no Ensino Superior.

O curso de Ciências Naturais na FUP forma professores de ciências para atuar nas séries finais do Ensino Fundamental e em espaços não formais de ensino de ciências. Todos os participantes dessa pesquisa cursavam essa licenciatura e já tinham realizado disciplinas que apresentavam uma abordagem em História e Filosofia da Ciência. Portanto, os participantes dessa pesquisa tiveram algum contato com conteúdos dessas áreas, bem como já haviam cursado alguma disciplina que abordasse conteúdos de Genética.

Entretanto, a partir das respostas que os participantes apresentaram no questionário diagnóstico, foi identificada uma preponderância de ideias que coadunam com uma visão empírico-indutivista e atórica, rígida e socialmente neutra, descontextualizada e elitista da ciência. Tais resultados foram semelhantes aos encontrados por Scheid, Ferrari e Delizoicov (2007) no contexto de um curso de Ciências Biológicas.

Uma hipótese que pode explicar esses resultados é que há, como identificado na literatura especializada, o predomínio de abordagens que priorizam a transmissão de conteúdos científicos de forma descontextualizada no ensino de ciências tanto na Educação Básica como na Educação Superior, assim como pelas mídias (FLACH; PINO, 2016; SCHEID; FERRARI; DELIZOICOV, 2007; ZÔMPERO; ARRUDA; GARCIA, 2005).

Dessa forma, os estudantes acabam sendo formados desde a Educação Básica em uma perspectiva que não favorece a formação de uma visão mais realista sobre a natureza da ciência. Portanto, é difícil que haja uma grande mudança conceitual ao cursar apenas algumas disciplinas na graduação que possuam conteúdos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência. Entretanto, mais pesquisas precisam ser realizadas para chegar a uma resposta mais conclusiva acerca dessa problemática que foi observada nessa pesquisa.

Foi possível, também, identificar que os participantes abordaram aspectos de Filosofia da Ciência em menor quantidade na elaboração de suas HQs, focando mais em questões de História da Ciência. Esse resultado pode estar relacionado a uma formação prévia deficitária nessa área, o que geraria mais dificuldades e/ou insegurança em abordar ideias dessa área em suas produções. O curso, de acordo com seu Projeto Político Pedagógico, apresenta apenas uma disciplina de Filosofia da Ciência obrigatória em sua grade curricular e acreditasse que esse conteúdo poderia ser discutido em outras disciplinas afim de que os estudantes pudessem ter uma compreensão mais adequada sobre esse aspecto.

No entanto, um fator que pode ter influenciado esse resultado é o fato de que SD possuía abordagem em que episódios da História da Genética eram o ponto de partida para a identificação de problemas em História e Filosofia da Ciência. Assim, é possível que essa metodologia tenha favorecido que os participantes compreendessem de forma mais aprofundada os aspectos históricos, visto que sempre os problemas filosóficos eram discutidos a partir de uma abordagem histórica.

Além disso, é possível que a linguagem sintética das HQs não permita uma elaboração teórica mais demorada e aprofundada necessária para o pensamento filosófico, dificultando assim uma melhor reflexão sobre problemas em Filosofia da Ciência por meio dessa ferramenta.

Em relação ao conhecimento sobre as ideias e a história de Mendel, os participantes demonstraram ter noções simplificadas, descontextualizadas e anacrônicas em suas respostas ao questionário diagnóstico. Esses resultados podem estar relacionados ao predomínio de abordagens históricas inadequadas acerca dessa temática nos materiais didáticos utilizados no Ensino Básico e na Educação Superior (AUGUSTO; BASÍLIO, 2018; CARNEIRO; GASTAL, 2005; EL-HANI, 2016).

As discussões e HQs produzidas pelos participantes permitem identificar que eles avançaram em suas compreensões sobre a História da Genética, apresentando uma compreensão mais ampla e contextualizada desse tema, além de compreenderem que a construção dos conceitos em Genética possuiu um caráter social, o que demonstra um afastamento de uma visão socialmente neutra da ciência (PÉREZ et al., 2001).

A utilização das HQs produzidas neste trabalho alcançou seus objetivos, pois permitiu instigar os participantes a refletir e discutir os temas propostos. Além disso, é possível concluir que os participantes alcançaram um estado de ludicidade, seja pela leitura e discussão das HQs apresentadas a eles, seja na produção, leitura e discussão das HQs produzidas por eles, visto que relataram que essas atividades foram interessantes, divertidas e gratificantes.

Além disso, os participantes relataram ter compreendido melhor os conteúdos abordados, ampliando suas compreensões por meio da leitura e discussão das produções realizadas pelos colegas, o que estimulou a interatividade em sala de aula. Todos esses aspectos estão de acordo com as perspectivas encontradas na literatura especializada acerca do uso de HQs no processo de ensino-aprendizagem (ARAÚJO et al., 2008; BANTI, 2012; CARUSO; SILVEIRA, 2009; COSTA et al., 2006; EDSON; COSTA, 2015; OLIVEIRA; FRANCO, 2015; PEDREIRA, 2014; PIZARRO, 2009).

Destacamos que houve uma evolução gradual na construção das HQs dos participantes durante o percurso da SD. Alguns participantes relataram que no início possuíam muita dificuldade para elaborar a HQ, mas que com o decorrer da SD essa dificuldade foi sendo superada, pois passaram a compreender como é possível utilizar esse recurso didático para ensinar conteúdos de ciências. Nesse sentido, é essencial que a utilização das HQs no contexto educacional seja realizada de forma contínua para um bom desenvolvimento das habilidades dos participantes na criação de HQs e na expressão de seus conhecimentos, não se limitando apenas a momentos pontuais.

Muitos participantes relataram que, a partir da participação na SD, desejavam utilizar as HQs como recurso didático em sala de aula. Isso indica a importância de que professores da Educação Superior que atuem no contexto de formação de professores utilizem recursos didáticos diferenciados em suas aulas para que os participantes vivenciassem experiências que os inspirassem a também utilizá-los em seus contextos de atuação.

É importante destacar que essa intervenção foi concretizada no contexto de uma disciplina optativa, o que resultou em uma diversidade em relação a diversidade dos semestres que os alunos estavam cursando e a um número relativamente pequeno de participantes em relação a disciplinas obrigatórias em geral. Entretanto, a quantidade de

participantes favoreceu a participação ativa dos mesmos em todos os momentos, algo que poderia não ser viável em um contexto com mais licenciandos. Apesar disso, consideramos que é possível realizar adaptações nessa proposta para que a mesma possa ser realizada em diferentes contextos educacionais, não devendo estas limitações serem fatores de desmotivação para que um professor adote essa estratégia.

Consideramos que a implementação de abordagens contextuais no ensino de ciências em conjunto com a utilização de HQs, como recurso didático que estimula a ludicidade, possa favorecer a formação de uma visão mais ampla e contextualizada de conceitos científicos e da natureza da ciência. É notório que esses benefícios não são imediatos, necessitando de tempo, muito dedicação e trabalho. Nesse sentido, consideramos que a formação de professores nessa perspectiva será muito enriquecedora para o ensino de ciências, pois os licenciandos poderão levar essa perspectiva para seus contextos educacionais, seja no nível da Educação Básica, seja no nível da Educação Superior.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABFHIB. Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia. Disponível em: <<http://www.abfhib.org/index.html>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

ABRANTES, P. Problemas metodológicos em historiografia de ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). Epistemologia e Ensino de Ciências. Salvador: Arcádia, 2002. p. 51-91.

ABRANTES, P. Introdução. O que é filosofia da biologia? In: ABRANTES, P. (Org.) Filosofia da Biologia. Porto Alegre: ARTMED, 2011. p. 11-36.

ALLCHIN, D. How Not to Teach Historical Cases in Science. *Journal of College Science Teaching*, v.30, nº 1, p. 33-37, 2000.

ANDRADE, L. A. B.; SILVA, E. P. da. Mendel e seus abismos. *Genética na Escola*, v. 11, nº 2, p. 234-243, sup. 2016.

ANGELO BRANCO. Ciência, Biologia, Educação, Tecnologia, Música, Meio Ambiente e o que mais der na telha. Disponível em: <<http://www.angelobranco.com.br/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

ARAÚJO, G. C. de.; COSTA, M. A. da.; COSTA, E. B. da. As histórias em quadrinhos na educação: possibilidades de um recurso didático pedagógico. *A MARGem – Estudos*, Uberlândia, ano 1, n. 2, p. 26-36, jul./dez. 2008.

ARAÚJO, L. F. S. de.; DOLINA, J. V.; PETEAN, E.; MUSQUIM, C. A.; BELLATO, R.; LUCIETTO, G. C. Diário de pesquisa e suas potencialidades na pesquisa qualitativa em saúde. *Rev. Bras. Pesq. Saúde*, Vitória, v. 15, n. 3, p. 53-61, jul./set., 2013.

AUGUSTO, T. G. S.; BASÍLIO, L. V. Ensino de biologia e história e filosofia da ciência: uma análise qualitativa das pesquisas acadêmicas produzidas no Brasil (1983-2013). *Ciência e Educação*, Bauru, v. 24, n. 1, p. 71-93, 2018.

BANTI, R. S. A utilização das Histórias em Quadrinhos no Ensino de Ciências e Biologia. Monografia (curso de Licenciatura em Ciências Biológicas). São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2012.

BARDIN, L. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BATISTETI, C. B.; ARAÚJO, E. S. N. de.; CALUZI, J. J. O trabalho de Mendel: um caso de prematuridade científica? *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 1, p. 35-53, 2010.

BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 43-63, 2009.

BRASIL. Lei nº 9,394, de 20 de dezembro de 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19394.htm)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL, MEC. *Parâmetros Curriculares Nacionais: terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental – Ciências Naturais*. Brasília: MEC, 1998.

BRASIL. Resolução CEB nº 3, de 26 de junho de 1998. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03\\_98.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rceb03_98.pdf)>, Acesso em: 11 jun. 2018.

BRASIL. Decreto nº 3.276, de 6 de dezembro de 1999. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d3276.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d3276.htm)>. Acesos em: 11 jun. 2018.

BRASIL, MEC. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL, MEC. Base Nacional Comum Curricular. Brasília: MEC, 2018.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia. *Ciência e Educação*, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CARUSO, F.; SILVEIRA, C. Quadrinho para a cidadania. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p. 217-236, jan./mar. 2009.

CARVALHO, A. M. P. de.; VANNUCCHI, A. O currículo de física: inovações e tendências nos anos noventa. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 3-19, 1996.

CEI. A lei de inércia segunda Garfield. Disponível em: <[http://www.cei.santacruz.g12.br/~fisica1/leis\\_de\\_newton/inercia-garfield.htm](http://www.cei.santacruz.g12.br/~fisica1/leis_de_newton/inercia-garfield.htm)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Tradução: Raul Filker. São Paulo: Editora Brasiliense, 1993.

COSTA, M. A. F. da.; COSTA, M. F. B.; LIMA, M. C. A. B.; LEITE, S. Q. M. O desenho como estratégia pedagógica de ciências: o caso da biossegurança. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 5, n. 1, p. 184-191, 2006. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART10\\_Vol5\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen5/ART10_Vol5_N1.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

CÔRREA, A. L.; ARAUJO, E. N. N.; MEGLHIORATTI, F. A.; CALDEIRA, A. M. A. História e Filosofia da Biologia como ferramenta no Ensino de Evolução na formação

inicial de professores de Biologia. *Filosofia e História da Biologia*, v. 5, n. 2, p. 217-237, 2010.

COVA, V. F.; MARTINS, L. A influência do reducionismo genético nas concepções de professores sobre a variedade de orientações sexuais. *Candombá*, v. 9, n. 1, jan./dez. 2013.

D'ÁVILA, C. M. Didática lúdica: saberes pedagógicos e ludicidade no contexto da educação superior. *Revista Entreideias*, Salvador, v. 3, n. 2, p. 87-100, jul./dez. 2014.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. e colaboradores. *Gêneros orais e escritos na escola*. Tradução e organização de Roxane Rojo e Gláís Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004.

DUSCHL, R. *Science Education and Philosophy of Science: twenty-five years of mutually exclusive development*. *School Science and Mathematics*, v. 84, nº 7, p. 541-555, 1994. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1985.tb09662.x>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

EDUHQ. Tirinhas – química. Disponível em: <[http://www.cbpf.br/~eduhq/html/tirinhas/tirinhas\\_imagens/quimica/quimica0012.jpg](http://www.cbpf.br/~eduhq/html/tirinhas/tirinhas_imagens/quimica/quimica0012.jpg)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

EINSTEIN, A. Física e realidade. Tradução de Sílvio R. Dahmen. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 28, n. 1, p. 9-22, 2006.

EL-HANI, C. N. Níveis da Ciências, níveis da realidade: evitando o dilema holismo/reducionismo no ensino de Ciências e Biologia. Tese (Doutorado em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

EL-HANI, C. N. Notas sobre o ensino de história e filosofia das ciências na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.) *História e Filosofia da Ciência no*

Ensino de Ciências: Da Teoria à Sala de Aula. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. 3-21.

EL-HANI, C. N. O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na História da Genética. *Genética na escola*, v. 11, n. 2, sup., p. 272-285, 2016.

EL-HANI, C. N.; MOREIRA, L. M. A.; SOUZA, A. L. M.; ANDRADE, C. P.; SILVA, M. S.; FORASTIERI, V.; MOTT, L. R. B.; PEREIRA, A. M. Conflitos e perspectivas nas relações entre Biologia e Cultura. *Interfaces*, Salvador, v. 1, n. 1, p. 10-16, 1997.

EL-HANI, C. N.; PEREIRA, A. M. Reduccionismo ou holismo? Desperguntando a questão. *Ideação*, Feira de Santana, n. 3, p. 69-100, jan./jun. 1999.

EL-HANI; C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. da. Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

FERREIRA, M.; LOGUECIO, R. Q. A análise de conteúdo como estratégia de pesquisa interpretativa em educação em ciência. *Revelli – Revista de Educação, Linguagem e Literatura*, v. 6, n. 2, out., p. 33-49, 2014.

FLACH, P. Z. S.; PINO, J. C. del. Afinal, para que servem a história e filosofia da biologia? *Educação Por Escrito*, Porto Alegre, v. 7, n. 2, p. 236-252, jul./dez. 2016.

FREIRE JR., O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002. p. 13-30.

FREIRE-MAIA, N. Mendel – Vida e Obra. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.

FORATO, T.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Historiadores das ciências e educadores: frutíferas parcerias para um ensino de ciência reflexivo e crítico. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 137-141, jul./dez. 2014.

GANDÔLFI, H. E.; FIGUEIRÔA, S. F. M. As nitreiras no Brasil dos séculos XVIII e XIX: uma abordagem histórica no ensino de ciências. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 261-278, jul./dez. 2014.

GENÉTICA NA ESCOLA. V. 11, nº 2, sup. 2016. ISSN 1980-3540. Disponível em: <[http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf](http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

GERICKE, N.; HAGBERG, M. *Definition of historical models of gene function and their relation to student's understanding of genetics. Science & Education*, v. 16, p. 849-881, 2007.

GHTC. Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências. Disponível em: <<http://www.ghtc.usp.br/>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

GOLDBACH, T. Entre receitas, programas e códigos: as ideias sobre gene em diferentes contextos. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

GUIMARÃES, E. Linguagem e metalinguagem na história em quadrinhos. In: INTERCOM – XXV CONGRESSO ANUAL EM CIÊNCIAS DA COMUNICAÇÃO, Salvador, 2002. Anais do congresso. Salvador: Núcleo de pesquisa em História em Quadrinho, 2002.

JOAQUIM, L. M.; EL-HANI, C. N. A genética em transformação: crise e revisão do conceito de gene. *Scientiæ Zudia*, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 93-128, 2010.

KAPITANGO-A-SAMBA, K. K. Papel da História da Ciências nas licenciaturas em Ciências Naturais e Matemática. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2005.

LEITE, M. Retórica determinista no genoma humano. *Scientiæ Zudia*, São Paulo, v. 4, n. 3, p. 421-452, 2006.

LONGO, G. O falsificacionismo como proposta metodológica em Popper. *Revista filosofazer*, Passo Fundo, n. 49, jul/dez, 2016.

LORENZANO, P. *Filosofia diacrónica de la ciência: el caso de la genética clásica*. *Filosofia e História da Biologia*, v. 2, p. 369-392, 2007.

LUCKESI, C. Ludicidade e formação do educador. *Revista Entreideias*, Salvador, v. 3, n. 2, p. 13-23, jul./dez. 2014.

MATIOLI, S. R.; EGGERS, S. O Mendel que não era mendelista. *Genética na escola*, v. 11, n. 2, sup., p. 250-255, 2016.

MATTHEWS, M. R. *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge, 1994

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. Tradução de Claudia Mesquita de Andrade. *Cad. Cat. Ens. Fís.*, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, R. A. Abordagens, métodos e historiografia da história da ciência. In: MARTINS, A. M. (ed.). O tempo e o cotidiano na história. São Paulo: Fundação para o Desenvolvimento da Educação, 1993. p. 73-78.

MARTINS, L. A. P.; PRESTES, M. E. B. Mendel e depois de Mendel. *Genética na Escola*, v. 11, n. 2, p. 244-249, sup. 2016.

MAYR, E. Isto é biologia: a ciência do mundo vivo. Tradução de Claudio Angelo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

MCCOMAS, W. F.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education* v. 7, p. 511-532, 1998.

MELO, J. R. de.; ROTTA, J. C. G. Concepção de ciência e cientista entre estudantes do ensino fundamental. In: XI ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 2010, Brasília. Resumos eletrônicos. Brasília: ED/SBQ, 2010. Disponível em: <<http://www.s bq.org.br/eneq/xv/resumos/R0215-1.pdf>>. Acesso em: 11 jun. 2018.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, jan./jun. 2014.

MOURA, B. A.; SILVA, C. C. Abordagem multicontextual da história da ciência: uma proposta para o ensino de conteúdos históricos na formação de professores. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 336-348, jul./dez. 2014.

NASCIMENTO, L. M. M. Como ensinar estudantes universitários de Ciências Biológicas e Ciências da Saúde sobre a crise do conceito de gene? Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2010.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. Caderno de pesquisas em administração. V. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, P. B. A História da Ciência no Ensino: Diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da Ciência. In: VIII ENPEC, 2011, Campinas. Disponível em: < <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0227-1.pdf>>. Acesso em: 01mai 2019.

ORTIZ, E.; SILVA, M. R. da. O uso de abordagens da história da ciência no ensino de biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo de dupla hélice do DNA. Investigações em Ensino de Ciências, v. 21, n. 1, p. 106-123, 2016.

PAGLIARINI, C. R. Uma análise da história e filosofia da ciência presente em livros didáticos de física para o ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ciência – Física Básica). São Carlos: Universidade de São Paulo, 2007.

PEDREIRA, M. M. Desenvolvimento e avaliação de estratégias de ensino de genética para o ensino superior. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

PENCHASZADEH, V. B. Problemas éticos do determinismo genético. Revista Bioética, v. 12, n. 1, p. 61-68, 2004.

PEREIRA, M. G.; LIMA, M. A. J.; ALMEIDA, R. O. de. Concepções e percepções sobre natureza da ciência e imagem do cientista na perspectiva de estudantes da Ilha da Maré, Salvador (BA). Revista SBenBio, n. 7, out. 2014, p. 5742-5753.

PÉREZ, D. G.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. Ciência e Educação, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PESSOA JR., O. Quando a Abordagem Histórica deve ser usada no Ensino de Ciências? *Ciência e Ensino*, v. 1, p. 4-6, set. 1996.

PIZARRO, M. V. As histórias em quadrinhos como linguagem e recurso didático no ensino de ciências. In: In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

PORTIN, P. *The Development of Genetics in the Light of Thomas Kuhn's Theory of Scientific Revolutions. Recent Advances in DNA and Gene Sequences*, v. 9, p. 14-25, 2015.

POSELI, L.; OLIVEIRA, E. F. de.; CHRISTOFFERSEN, M. L. O arcabouço filosófico da biologia proposto por Ernst Mayr. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 106-120, jan./jun. 2013.

PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 1-16, 2009.

PUJALTE, A. P.; BONAN, L.; PORRO, S.; ADÚRIZ-BRAVO, A. *Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes*. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 20, n. 3, p. 535-548, 2014.

SBHC. Sociedade Brasileira de História da Ciência. Disponível em: <[https://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID\\_CONTEUDO=604](https://www.sbhc.org.br/conteudo/view?ID_CONTEUDO=604)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. Concepções sobre a natureza da ciência num curso de ciências biológicas: imagens que dificultam a educação científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 12, n. 2, p. 157-181, 2007.

SCHEID, N. M. J.; PERSICH, G. D. O.; KRAUSE, J. K. Concepção de natureza da ciência e a educação científica na formação inicial. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

SCHMIEDCKE, W. G.; PORTO, P. A. Uma abordagem da história da energia nuclear para a formação de professores de física. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 232-241, jul./dez. 2014.

SILVA, G. R. História da Ciência e experimentação: perspectivas de uma abordagem para os anos iniciais do Ensino Fundamental. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v. 6, n. 1, p. 121-132, jan./jul. 2013.

TESTONI, L. A. Um corpo que cai: As Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física. Dissertação (Mestrado em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

VANNUCCHI, A. I. História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula. Dissertação (Mestrado em Física/Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 1996.

ZÔMPERO, A. F.; ARRUDA, S. M.; GARCIA, M. F. Estudo comparativo sobre concepções de ciência e cientista entre alunos do ensino fundamental. In: V ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 2005, Bauru. Atas do V ENPEC - nº 5. Bauru: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2005.

## APÊNDICE 1



**Universidade de Brasília – UnB**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Instituto de Química**  
**Instituto de Física**  
**Faculdade UnB Planaltina**  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGEC**

### TERMO DE CONCORDÂNCIA

Prezado estudante,

O mestrando Lucas Freitas Pereira Carneiro, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências (PPGEC/UnB), estará desenvolvendo, sob a orientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria de Nazaré Klautau-Guimarães e coorientação da Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Jeane Cristina Gomes Rotta, uma proposta de abordagem contextual acerca do tema Genética, ou seja, que considere aspectos históricos e filosóficos que envolvem o conhecimento científico. As atividades desenvolvidas serão parte de seu projeto de pesquisa de mestrado.

A participação dos estudantes neste projeto é voluntária, sendo preservado o anonimato e não provocando qualquer tipo de prejuízo ou constrangimento. A construção dos dados da pesquisa se dará por meio do preenchimento de questionários, produção de História em Quadrinhos pelos estudantes e registro das discussões por meio de gravação de áudio e do diário de bordo do pesquisador.

Os resultados serão analisados e divulgados na Universidade de Brasília, podendo ser publicados posteriormente em periódicos da área de estudo. Os dados e materiais utilizados na pesquisa não serão divulgados ou repassados a terceiros.

Este documento foi elaborado em duas vias, uma ficará com o pesquisador e a outra com o estudante voluntário.

Pesquisador: Lucas Freitas Pereira Carneiro

Email: lucas.yoshimitsu@gmail.com

Caso você concorde em participar dessa pesquisa, pedimos a gentileza de preencher os seguintes campos:

Eu, \_\_\_\_\_,  
idade \_\_\_\_\_, concordo em participar voluntariamente da pesquisa acima descrita.

Brasília, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2018.

---

Assinatura do voluntário

## APÊNDICE 2



**Universidade de Brasília – UnB**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Instituto de Química**  
**Instituto de Física**  
**Faculdade UnB Planaltina**  
**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGEC**

O presente questionário tem o objetivo de recolher informações para a pesquisa em ensino contextual de Genética. Apenas os pesquisadores terão acesso à sua identidade e a mesma não será divulgada a terceiros por qualquer meio ou motivo.

Sua opinião é de extrema importância para essa pesquisa, por isso é importante que responda com suas próprias palavras. Se for necessário, utilize o verso da folha ou solicite uma folha em branco para escrever suas respostas

Agradecemos desde já sua colaboração.

1. Dados pessoais

1.1. Nome: \_\_\_\_\_

1.2. Curso: \_\_\_\_\_

1.3. Idade: \_\_\_\_\_

1.4. Sexo: \_\_\_\_\_

1.5. Período: \_\_\_\_\_

2. Você já cursou alguma disciplina onde tivessem sido abordados conteúdos de Genética? Se sim, qual (is) disciplina (s)?

---

---

3. A (s) disciplina (s) que você cursou onde tenha (m) sido abordado (s) conteúdos de Genética possuía (m) algum enfoque na história e/ou filosofia da ciência? Se sim, poderia exemplificar?

---

---

---

---

4. Segundo a sua compreensão, o que é ciência?

---

---

---

---

---

5. Como ocorre a construção do conhecimento científico? Se desejar, cite exemplos que ilustrem suas ideias:

---

---

---

---

---

6. Que palavras vêm a sua mente ao pensar sobre Gregor Mendel?

---

---

---

---

7. O que você sabe sobre as ideias e a história de Gregor Mendel?

---

---

---

---

---

### APÊNDICE 3

Ementas das disciplinas do curso de Licenciatura em Ciências Naturais citadas pelos participantes:

- **Botânica** (código 201570): A biodiversidade e a classificação dos seres vivos; os cinco reinos; Níveis de organização e complexidade da vida (organismo unicelular, colonial, multicelular). Primeiros organismos fotossintetizantes (cianobactérias); Algas; Fungos; Líquens; Reino Plantae; Criptógamas (briófitas e pteridófitas) e fanerógamas (gimnospermas e angiospermas); Ciclo de vida, principais características morfológicas, importância ecológica e principais eventos evolutivos. Conquista do ambiente terrestre; Polinização, reprodução em angiospermas e dispersão de sementes.
- **Célula** (código 196762): Métodos de estudo das células. História da biologia celular. O espaço-tempo das células: níveis de organização. Componentes inorgânicos da vida. Componentes orgânicos da vida. A Era pré-biótica. Vírus. Conceito de vida e atividades vitais. Origem da vida e da biosfera. A vida dos Coacervados. Evolução do metabolismo. Origem e estrutura dos Procariotos. Diversidade de Procariotos: Archea e Eubacteria. A vida dos Procariotos. Controle da expressão gênica e síntese de proteínas. Procariotos heterotróficos e fermentação. Respiração. Origem e diversidade de Eucariotos. Procariotos autotróficos. Fotossíntese e quimiossíntese. Microscopia eletrônica. Organização dos Eucariotos. A vida dos Eucariotos unicelulares. Ciclo celular e ciclos de vida: mitose e meiose. Núcleo, replicação, transcrição e tradução em Eucariotos.
- **Genética e Evolução** (código 193313): Estrutura e funcionamento do DNA. Conceito molecular de gene. Estrutura do genoma em procarioto e eucarioto (genoma mitocondrial e nuclear). Mutação e sua consequência para os produtos. Aberrações cromossômicas (aneuploidias e poliploidias). Genética mendeliana - primeira e segunda leis de Mendel. Herança sexual e determinação do sexo. Epistasia. Pleiotropia. Noções de genética de populações e evolutiva. Cálculo das frequências gênicas e alélicas. Equilíbrio de Hardy-Weinberg. Mudança das frequências alélicas. História do pensamento evolutivo e evidências da evolução. Teoria evolutiva de Darwin-Wallace. Seleção natural e artificial. Mecanismos

evolutivos: mutação, panmixia, migração, deriva, efeito de fundador, seleção natural. Consequências do processo evolutivo: adaptação, extinção e especiação.

- **História e Filosofia da Ciência** (código 196185): Tipos de conhecimento, evolução histórica do conhecimento em geral e do conhecimento científico em particular. Principais nomes da história do conhecimento e da filosofia, e contexto histórico em que viveram (Antiguidade, Idade Média, Modernidade e Pós-modernidade). Conhecimento científico, método científico, grandes paradigmas da ciência. Importância da história e da filosofia da ciência para o ensino de ciências naturais.

## APÊNDICE 4



**Universidade de Brasília – UnB**  
**Instituto de Ciências Biológicas**  
**Instituto de Química**  
**Instituto de Física**  
**Faculdade UnB Planaltina**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – PPGEC**

O presente questionário tem o objetivo de recolher informações para a pesquisa em ensino contextual de Genética. Apenas os pesquisadores terão acesso à sua identidade e a mesma não será divulgada a terceiros por qualquer meio ou motivo.

Sua opinião é de extrema importância para essa pesquisa, por isso é importante que responda com suas próprias palavras. Se for necessário, utilize o verso da folha ou solicite uma folha em branco para escrever suas respostas

Agradecemos desde já sua colaboração.

1. De forma geral, como você avalia essa disciplina? Escreva suas impressões, sentimentos, opiniões, críticas e/ou sugestões:

---

---

---

---

---

2. Você acha que essa disciplina contribuiu para sua formação? Justifique:

---

---

---

---

---

3. Como você avalia o uso das Histórias em Quadrinhos nessa disciplina? Escreva suas impressões, sentimentos, opiniões, críticas e/ou sugestões:

---

---

---

---

---

4. O que você achou da experiência de produzir Histórias em Quadrinhos? Escreva suas impressões, sentimentos e opiniões:

---

---

---

---

---

## **APÊNDICE 5**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB**

**Instituto de Ciências Biológicas**

**Instituto de Química**

**Instituto de Física**

**Faculdade UnB Planaltina**

**Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências**

**Mestrado profissional em Ensino de Ciências**

# **ENTRE QUADRINHOS, TEORIAS E HISTÓRIAS: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM CONTEXTUAL NO ENSINO DA HERANÇA MENDELIANA**

**LUCAS FREITAS PEREIRA CARNEIRO**

Proposta de ação profissional resultante da Dissertação realizada sob orientação da Professora Doutora Maria de Nazaré Klautau-Guimarães e coorientação da Professora Doutora Jeane Cristina Gomes Rotta e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília – DF

2019

---

## INTRODUÇÃO

---

Caro (a) professor (a),

Este material consiste em uma proposta de sequência didática (SD) resultante de minha dissertação de Mestrado que foi desenvolvida com título “Entre quadrinhos, teorias e histórias: uma proposta de abordagem contextual no ensino da herança mendeliana”. Essa SD tem como foco o ensino de Genética em uma abordagem contextual, ou seja, que inclui aspectos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência na abordagem de conteúdos científicos. Além disso, ela tem as HQs como recursos didáticos centrais visando a promoção da ludicidade em sala de aula.

A SD foi estruturada com enfoque em um curso de licenciatura, mas consideramos que é possível adaptar esse material para outros contextos no Ensino Superior ou mesmo no Ensino Médio.

Tenha uma boa leitura! Caso necessite de mais informações, deseje fazer comentários, sugestões e trocar experiências, entre em contato através do seguinte e-mail: [lucas.yoshimitsu@gmail.com](mailto:lucas.yoshimitsu@gmail.com).

---

## PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

---

Vários autores identificam que houve um crescente distanciamento entre o ensino de ciências e a História, Filosofia e a Sociologia da Ciência, indicando que este fato pode estar relacionado à notável crise no ensino de ciências. Essa crise se caracteriza pela dificuldade dos estudantes em compreender conceitos científicos, às imagens errôneas sobre o que é a ciência e como são os cientistas apresentadas por estudantes e professores, assim como pela baixa motivação e alto índice de evasão nos cursos ciências (ABRANTES, 2012; FREIRE JR., 2012; MATTHEWS, 1995).

Nesse sentido, a reaproximação da História, Filosofia e Sociologia da Ciência ao ensino de ciências pode trazer vários benefícios, como: potencializar formação de professores, melhorar a compreensão sobre o que é a ciência, o ensino de ciências e conceitos científicos, dentre outros aspectos. Assim, as aulas de ciências podem ser enriquecidas com abordagens contextuais que visem não apenas apresentar aos estudantes apenas conceitos científicos isolados, mas que tragam também algo sobre suas histórias, desenvolvimentos e contextos socioculturais nos quais foram construídos (MATTHEWS, 1995).

Entretanto, é necessário refletir sobre como inserir abordagens históricas. A perspectiva chamada de ensino tradicional (D'ÁVILA, 2014) tem sido predominante em sala de aula, se caracterizando pela passividade do estudante no processo de ensino-aprendizagem, o qual apenas deve apreender os conceitos apresentados de forma expositiva e acabada pelos professores, reproduzindo-os nas avaliações. Predomina nessa abordagem o chamado conteudismo, isto é, a predominância dos conceitos isolados de seus contextos históricos e filosóficos e em grandes quantidades. Esta perspectiva é, portanto, contrária à abordagem contextual, que propõe uma visão mais ampla dos conceitos científicos.

É preciso superar a monotonia que se faz presente em muitas salas de aulas. A ludicidade muitas vezes está ausente do ambiente educacional, pois se ignora seu potencial motivador e promotor de uma aprendizagem mais ampla, pois essa valoriza não apenas os aspectos mentais, como no ensino tradicional, mas também considera como essenciais os aspectos emocionais e corpóreos dos estudantes.

Mas o que é ludicidade? Luckesi (2014, p. 17) afirma que “[...] a *ludicidade* configura-se como um estado interno ao sujeito; contudo, as *atividades denominadas como lúdicas* pertencem ao domínio externo ao sujeito [...]”. D’Ávila (2014, p. 96) corrobora esta visão ao afirmar que “Ludicidade é um estado interno, uma atitude que vivencia uma experiência lúdica plenamente. [...] Como estado de ânimo, ludicidade é da ordem subjetiva do sujeito”. Esse estado de ludicidade se caracteriza pelo bem-estar, alegria e plenitude que se sente ao investir energia e tempo em uma determinada atividade (LUCKESI, 2014).

Neste sentido, a linguagem artística pode enriquecer o ensino de ciências, pois pode favorecer o surgimento da ludicidade em sala de aula. Dentre as várias atividades lúdicas possíveis, as histórias em quadrinhos (HQs) são apontadas por vários autores como atividades lúdicas favoráveis ao ensino-aprendizagem (ARAÚJO et al., 2008;; CARUSO; SILVEIRA, 2009; COSTA et al., 2006; PEDREIRA, 2014; PIZARRO, 2009).

Caruso e Silveira (2009) destacam que vivemos em uma sociedade eminentemente visual, com predomínio dos aparelhos eletrônicos como mídias de massa e, nesse contexto, as HQs são ferramentas que coadunam com a forma com que os estudantes lidam com a informação, pois transmitem uma mensagem rápida e dinâmica, atraindo a sua atenção. Os autores afirmam que “Não é à toa que cresce o número de questões objetivas de vestibulares que usam charges e tirinhas” (CARUSO; SILVEIRA, 2009, P. 219).

Araújo, Costa e Costa (2008) afirmam que é essencial que o professor tenha clareza quanto aos objetivos educacionais que visa alcançar com o uso de HQs em sala de aula. Testoni (2004), neste sentido, categorizou alguns possíveis usos das tirinhas em um contexto educacional:

- (V) Caráter ilustrativo: a principal função é representar de forma gráfica algum fenômeno previamente estudado; a história normalmente apresenta um tom humorístico, a fim de descontrair o estudante e fazê-lo refletir acerca do tema.
- (VI) Caráter Explicativo: a história busca, através do enredo, explicar um determinado fenômeno. Testoni (2014) destaca que este tipo de HQ não é muito presente em materiais didáticos, mas pode ser utilizado em sala de aula por meio de atividades que estimulem os próprios estudantes a construir suas HQs, exigindo dele alguma capacidade artística e, necessariamente, algum conhecimento sobre os conteúdos estudados.
- (VII) Caráter motivador: visa motivar o estudante a se interessar pelo assunto abordado, normalmente com o uso do tom cômico. Costuma ser utilizada no início de textos e de aulas.
- (VIII) Caráter instigador: a principal função é apresentar uma situação ou problema que instigue o estudante a refletir sobre o assunto tratado. A história é

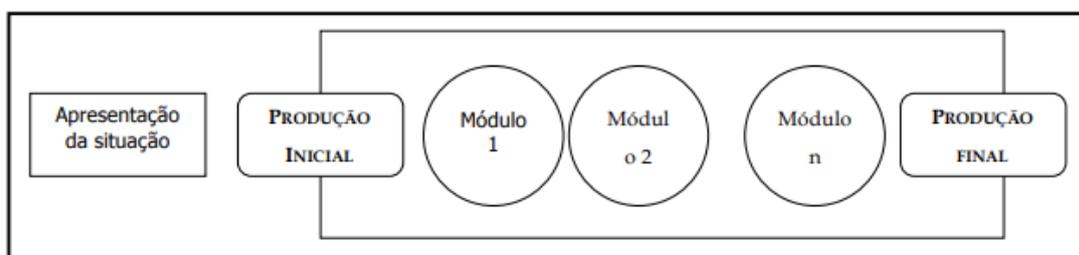
apresentada no início da aula, servindo de base para a discussão posterior do tema.

Além de trazer HQs prontas para sala de aula, os professores também podem estimular os estudantes para que produzam suas próprias HQs. Essa prática pode auxiliar na organização e expressão dos seus conhecimentos, além de poder utilizá-las como um recurso avaliativo.

Vários campos de estudo podem ser beneficiados com abordagens contextuais e pela inserção de HQs no ensino. Neste trabalho foi desenvolvida uma proposta para a área de Biologia focando o ensino de Genética. Dentre os vários temas relacionados à Genética que necessitam de uma compreensão histórica e filosófica para a formação de uma visão mais coerente (como o problema do reducionismo e o conceito de gene, por exemplo), destacamos a “História da Genética – herança mendeliana”, pois este tema está relacionados a presença de mitos históricos, deformações de conceitos científicos, assim como problemas acerca da imagem da ciência e de cientistas dos estudantes e professores, questões estas que muitas vezes não encontram uma abordagem adequada em sala de aula.

A proposta dessa SD consiste em um conjunto de atividades escolares organizadas sistematicamente em torno de um determinado tema (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004). Apesar de inicialmente pensada para o ensino de gêneros textuais, as SD podem ser usadas para abordar diferentes temas. A estrutura base de uma SD pode ser representada da seguinte forma:

**Figura 1** - Esquema de Sequência Didática.



Fonte: (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004, p. 98)

Na etapa “apresentação da situação”, o professor expõe aos estudantes os dados necessários para que os mesmos conheçam o projeto a ser realizado. Na “produção inicial”, os estudantes produzem algo que permita a avaliação de seus conhecimentos prévios, assim como permite que o professor realize ajustes das atividades previstas a fim de alcançar as dificuldades identificadas. Nos “módulos”, o professor busca trabalhar os conteúdos por meio de atividades variadas a fim de que os estudantes superem suas dificuldades. E, por fim, a “produção final” permite que os estudantes coloquem em prática suas aprendizagens adquiridas nos módulos, assim como permite que o professor avalie os resultados obtidos (DOLZ; NOVERRAZ; SCHNEUWLY, 2004).

Nesta proposta, entretanto, optamos por modificar um aspecto desse esquema, não realizando apenas uma produção final ao término dos módulos, mas sim várias produções em cada um dos módulos para que seja possível acompanhar o desenvolvimento dos estudantes durante todo o desenvolvimento da SD.

A SD visou promover uma abordagem contextual no ensino de Genética, tendo como tema principal a “História da genética - herança mendeliana”. Esse tema foi explorado a partir do levantamento de aspectos históricos e filosóficos sobre a natureza e o contexto do trabalho de Mendel, identificando o impacto das ideias e trabalhos de cientistas anteriores e contemporâneos em suas pesquisas, assim como a influência de aspectos sociais na escolha de seu objeto de pesquisa.

Temas filosóficos como a relação teoria-experimentação, o problema do método científico e os limites e natureza das explicações científicas também foram discutidos a partir da apresentação dos episódios históricos. Além disso, foi abordado o contexto da chamada “redescoberta” do trabalho de Mendel no século XX e as implicações da reinterpretação que ele sofreu.

A abordagem histórica escolhida para a construção da SD se caracterizou, segundo a definição de Pessoa Jr. (1996), como um “Perfil epistemológico de alguns grandes cientistas”, pois Mendel e os mendelistas foram escolhidos para uma análise sobre como formularam suas ideias, quais foram seus desafios, influências, erros, implicações de suas ideias, etc., além de se enquadrar também como uma “História externalista ou social da Ciência”. Buscamos, também, fazer uma análise do contexto social em que o trabalho desses cientistas se desenvolveu e sobre quais foram as implicações de seus trabalhos nos

anos seguintes, além de considerar as implicações sociais de certas ideias científicas relacionadas a esse contexto.

---

## SEQUÊNCIA DIDÁTICA

---

Apresentamos a seguir um quadro com a organização da SD no qual constam as temáticas, objetivos, estratégias e tempo/forma de cada um dos Módulos/Momentos que a compõem. Cada aula presencial possuía 1 hora e 50 minutos de duração.

**Quadro 1** - Descrição dos Módulos/Momentos, temáticas, objetivos, estratégias e tempos/formas da SD.

<b>Módulo/Momento</b>	<b>Temática</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Estratégias didáticas/Atividades</b>	<b>Tempo /Forma</b>
<b>Módulo Inicial/Momento 1</b>	Apresentação da disciplina/projeto de pesquisa.	Apresentar o plano de ensino da disciplina e o projeto de pesquisa.	Exposição oral dialogada.	1 aula Presencial.
<b>Módulo Inicial/Momento 2</b>	Conhecimento prévios e características do grupo de estudantes.	Caracterizar e identificar as concepções prévias dos participantes sobre os temas abordados na SD.	Questionário diagnóstico <b>(Produção Inicial)</b> .	1 aula presencial.
<b>Módulo inicial/Momento 3</b>	Apresentação das HQs como material didático.	Apresentar aos participantes algumas noções básicas sobre HQs.	Exposição oral dialogada.	1 aula presencial.
<b>Módulo 1/Momento 4</b>	Contexto histórico e filosófico do trabalho de Mendel.	Compreender o contexto histórico do trabalho de Mendel; compreender que a ciência não é socialmente	Apresentação de HQ instigadora “Pai (s) da Genética?” e “Como é a ciência afinal?”; leitura/discussão em conjunto do artigo	1 aula presencial.

		neutra e que o conhecimento possui natureza conjectural.	“Mendel e seus abismo”.	
<b>Módulo 1/ Momento 5</b>	Contexto histórico e filosófico do trabalho de Mendel.	Permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos.	Elaboração individual ou em dupla de HQs ( <b>Produção 2</b> ).	1 aula à distância.
<b>Módulo 1/ Momento 6</b>	Contexto histórico e filosófico do trabalho de Mendel.	Expor e compartilhar os conhecimentos adquiridos e discussão de ideias.	Apresentação e discussão das HQs elaboradas pelos estudantes.	1 aula presencial.
<b>Módulo 2/ Momento 7</b>	Mendel mítico.	Compreender os principais mitos em relação ao trabalho e as ideias de Mendel; compreender que os paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico.	Apresentação de HQ instigadora “Um mito chamado Mendel”; leitura/discussão em conjunto do artigo “Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na história da Genética”.	1 aula presencial.
<b>Módulo 2/ Momento 8</b>	Mendel mítico.	Permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos.	Elaboração individual ou em dupla de HQs ( <b>produção 3</b> ).	1 aula à distância.
<b>Módulo 2/ Momento 9</b>	Mendel mítico.	Expor e compartilhar os conhecimentos adquiridos e discussão de ideias.	Apresentação e discussão das HQs elaboradas pelos estudantes.	1 aula presencial.
<b>Módulo 3/ Momento 10</b>	Aspectos históricos e filosóficos das interpretações do trabalho de	Compreender o contexto histórico da chamada “redescoberta” ou reinterpretação do trabalho de	Apresentação de HQ instigadora “Mendel mendelista ou biometricista?”; leitura/discussão em conjunto do artigo “O	1 aula presencial.

	Mendel no século XX.	Mendel pelos mendelistas no século XX e suas implicações teóricas; compreender que há uma pluralidade de métodos científicos e que os paradigmas conceituais são a origem e o fim do conhecimento científico.	Mendel que não era mendelista”.	
<b>Módulo 3/ Momento 11</b>	Aspectos históricos e filosóficos das interpretações do trabalho de Mendel no século XX.	Permitir a organização e expressão dos conhecimentos adquiridos.	Elaboração individual ou em dupla de HQs <b>(Produção 4)</b> .	1 aula à distância.
<b>Módulo 3/ Momento 12</b>	Aspectos históricos e filosóficos das interpretações do trabalho de Mendel no século XX.	Expor e compartilhar os conhecimentos adquiridos e discussão de ideias.	Apresentação e discussão das HQs elaboradas pelos estudantes.	1 aula presencial.
<b>Produção final/ Momento 13</b>	Finalização da SD.	Identificar as concepções dos participantes acerca da SD e dos recursos didáticos utilizados.	Aplicação do questionário final <b>(Produção final)</b> .	1 aula presencial.

É essencial que o professor, caso tenha interesse em utilizar essa SD, analise o seu contexto educacional e realize, caso necessário, as devidas adaptações que melhor se adequem a sua realidade.

A seguir, apresentamos alguns comentários e sugestões que consideramos pertinentes para cada um dos momentos da SD.

---

## MÓDULO INICIAL

---

### Momento 1

É essencial que o professor exponha aos estudantes a proposta que será realizada com os mesmos, para que possam se conscientizar dos objetivos, metodologias e avaliações que serão realizadas. O diálogo franco entre professor e estudante nesse momento é essencial para que haja maior interesse e participação dos estudantes das atividades propostas. No contexto em que construímos a SD, realizamos uma exposição dialogada, abrindo espaço para questionamentos e sugestões dos estudantes.

### Momento 2

A produção inicial permite identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, possibilitando que o professor conheça mais quais são suas características e limitações. Várias estratégias podem ser utilizadas nesse momento, como:

- (I) A realização de um *brainstorming*, ou seja, uma dinâmica onde os estudantes são estimulados a apresentarem suas ideias oralmente sobre um determinado tema, palavra ou problema trazido pelo professor.
- (II) O professor pode solicitar que os estudantes produzam um texto sobre um determinado tema, palavra ou problema apresentado aos mesmos.
- (III) O professor pode aplicar um questionário que aborde a temática da SD.

No contexto em que construímos nossa SD, aplicamos um questionário com as seguintes questões agrupadas em duas categorias: “Concepções acerca da natureza da ciência” e “Concepções sobre História da Genética”. Seguem as questões que foram elaboradas para as duas categorias:

- (I) Concepções acerca da natureza da ciência:
  - a) Segunda sua compreensão, o que é ciência?
  - b) Como ocorre a construção do conhecimento científico? Se desejar cite exemplos que ilustrem suas ideias.
- (II) Concepções sobre História da Genética:
  - a) Que palavras vêm a sua mente ao pensar sobre Gregor Mendel?

b) O que você sabe sobre as ideias e a história de Gregor Mendel?

A partir dessas questões foi possível identificar algumas concepções dos estudantes acerca das principais temáticas abordadas na SD. Com esse questionário o professor pode fazer adaptações na sua proposta, adequando as abordagens e discussões com base no nível de compreensão dos estudantes.

### **Momento 3**

Em nosso contexto, iniciamos o primeiro módulo com uma introdução às HQs, cujo objetivo foi apresentar aos participantes algumas noções básicas sobre HQs, suas linguagens e metalinguagens associadas, além de possibilidades pedagógicas e instruções sobre como elaborá-las. Foi realizada uma exposição dialogada com a utilização de slides (slides disponíveis em: <<https://drive.google.com/file/d/1gg3BuNTRoVbBJG1mz1eFqJvPaWMErkVK/view?usp=sharing>>. Acesso em: 20 jun. 2019) elaborados pelos autores deste trabalho em uma aula de 1 hora e 50 minutos.

Consideramos que é importante que seja feita uma introdução a esse conteúdo para que os estudantes compreendam o que são as HQs, quais são suas possibilidades e possam estar familiarizados com esse recurso para poderem, no decorrer da SD, construir as suas próprias HQs.

---

## **MÓDULOS 1-3**

---

Em cada um desses módulos realizamos três etapas: uma aula presencial de 1 hora e 50 minutos, um espaço de tempo não-presencial para que os estudantes elaborassem suas produções e uma aula de 1 hora e 50 minutos para que os estudantes apresentassem e discutissem suas produções.

Todos os módulos possuíam a seguinte sequência de atividades:

- (I) Os estudantes eram apresentados a uma HQ de caráter instigador produzida pelos autores desse trabalho a fim de estimular a reflexão acerca

dos temas abordados. Após a leitura da HQ, os estudantes eram estimulados a expressar o que haviam compreendido, iniciando uma discussão.

- (II) Após a discussão, era realizada a leitura conjunta de um artigo da edição especial da revista “Genética na Escola” em comemoração aos 150 anos de publicação do principal trabalho de Gregor Mendel (disponível em: < [https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2019). Cada participante leu um trecho do artigo em voz alta para que todos tivessem contato com o conteúdo abordado, sendo que os professores e estudantes poderiam, caso desejassem, fazer comentários ou questionamentos relevantes à discussão. Caso a turma seja muito grande, sugerimos que os alunos sejam divididos em grupos e solicite que cada um leia um trecho do texto e atue como mediador da discussão.
- (III) Após a leitura do texto, os estudantes eram estimulados a expressar suas ideias acerca do texto e das discussões. Nesse momento, intervimos para esclarecer dúvidas e expor conteúdos importantes para a discussão.
- (IV) Em seguida, os estudantes foram orientados a elaborar uma HQ baseada nos artigos e discussões realizadas em sala. A elaboração poderia ser feita individualmente ou em dupla. Os estudantes tinham o prazo de uma semana para produção das HQs e poderiam visitar o artigo utilizado em sala ou consultar outras fontes caso desejassem
- (V) No encontro seguinte os estudantes deveriam apresentar aos professores e colegas as suas produções, estabelecendo um momento de compartilhamento e discussão de ideias.

No nosso contexto, nós apresentamos durante o Módulo 1 duas HQs elaboradas pelos autores desse trabalho. Entretanto, consideramos que cada professor deve analisar seu próprio contexto e adaptar as atividades aos seus objetivos e disponibilidade de tempos e espaços.

Nós consideramos que é essencial que o professor estabeleça um prazo que permita que os estudantes produzam suas HQs com tranquilidade e possam explorar sua

criatividade. Se preferir, o professor pode solicitar que os estudantes construam suas HQs em sala de aula, acompanhando assim o processo criativo e orientando quando necessário.

A seguir, apresentamos as quatro HQs elaboradas por um dos autores desse trabalho. Apresentamos os temas, assim como os conteúdos relacionados ao seu enredo. Indicamos também os artigos que serviram de referência para a sua elaboração e que consideramos que podem ser utilizados em sala de aula para complementar as discussões:

**Figura 1:** HQ1 “Pai (s) da Genética?”.



**Fonte:** Lucas Freitas Pereira Carneiro

**Temas abordados:** Mendel, herança mendeliana, história da Ciência.

**Referência:** “Mendel e seus abismos” (Disponível em: <[https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_f84289ac0924417485eab4346d675b2d.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_f84289ac0924417485eab4346d675b2d.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2019); “Mendel e depois de Mendel” (Disponível em: <[https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_5ecd53b0f4e542a0b407dcab76c4d1ec.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_5ecd53b0f4e542a0b407dcab76c4d1ec.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2019).

No nosso contexto, fizemos, juntamente com essa HQ, a leitura e discussão do artigo “Mendel e seus abismos” no Módulo 1/Momento 5. O artigo trata de aspectos e históricos

e filosóficos que visam contextualizar o trabalho de Gregor Mendel, ressaltando as diferentes explicações para o fenômeno da hereditariedade na história anterior ao monge, as influências que Mendel recebeu do abade Cyril Napp e sua formação acadêmica na Universidade de Viena, seu delineamento experimental, produção de conceitos e proposição de um modelo explicativo novo e, do ponto de vista epistemológico, os obstáculos existentes entre os fenômenos observados e a explicação dos mesmos na construção do conhecimento científico. Também utilizamos esse texto em conjunto com as discussões acerca da tirinha “Como é a ciência afinal?” (Figura 2).

**Conteúdos abordados na HQ:** A linha de pesquisa na qual Mendel estava inserido era bastante ativa em sua época. Isso significa que Mendel não começou seu trabalho “do nada”, mas sim a partir de diversas fontes que o influenciaram e direcionaram sua pesquisa. Esse fato é um problema para o mito de que o grande cientista é um gênio isolado capaz de fazer descobertas mirabolantes unicamente a partir da própria genialidade. O questionamento do último quadro – seria a Genética um caso raro de “múltipla paternidade” na ciência? – visa levantar a discussão em sala de aula sobre ser correto ou não atribuir a “paternidade” ou autoria de alguma teoria ou ramo da ciência a um único cientista sendo que a ciência sempre se desenvolve comunitariamente.

**Figura 2** – HQ2 “Como é a ciência afinal?”.



**Fonte:** Lucas Freitas Pereira Carneiro

**Temas:** Mendel, herança mendeliana, natureza da ciência.

**Referência:** “Mendel e seus abismos” (Disponível em: <  
[https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_f84289ac0924417485eab4346d675b2d.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_f84289ac0924417485eab4346d675b2d.pdf)>.

Acesso em: 20 jun. 2019).

**Conteúdos abordados na HQ:** Muitas vezes encontramos entre professores, estudantes e livros a ideia de que a ciência é construída seguindo um método totalmente baseado no empirismo, livre de preconceções, sendo socialmente neutra, ahistórica e infalível. Essa visão, entretanto, é uma deformação da ciência real. O trabalho de Mendel corrobora essa concepção em vários aspectos: Mendel convivia com agricultores e suas pesquisas eram potencialmente positivas para os interesses econômicos dos mesmos; suas observações partiam de pressupostos teóricos que as norteavam – como a crença na existência de leis naturais que podiam ser expressas por relações matemáticas – e suas conclusões estavam

longe de serem fatos provados empiricamente de forma cabal, visto que os próprios “fatores”, elementos essenciais de suas explicações, eram parte de um modelo teórico que, para funcionar como explicação, necessitava de que se assumisse sua existência na realidade. A HQ, nesse sentido, aponta o contraponto entre o que é afirmado por essa visão deformada de ciência e o que de fato ocorreu no desenvolvimento das pesquisas realizadas por Mendel. No nosso contexto, essa HQ foi utilizada no Módulo 1/Momento 5.

Figura 3 –HQ3 “Um mito chamado Mendel”.



Fonte: Lucas Freitas Pereira Carneiro

**Temas:** Mendel, herança mendeliana, História da Ciência.

**Referência:** “O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na História da Genética” (Disponível em: <

[https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_7d302e552522487fb88230209579a784.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_7d302e552522487fb88230209579a784.pdf)>.

Acesso em: 20 jun. 2019).

No nosso contexto, fizemos, juntamente com a leitura dessa HQ, a leitura e discussão do artigo “O Mendel mítico sob um olhar crítico: o papel de Mendel na História da Genética” no Módulo 2/Momento 7. O artigo trata do problema do chamado Mendel mítico, isto é, uma série de elementos errôneos presente nas narrativas históricas sobre Mendel encontradas tanto na Ciência escolar como na literatura científica. Por exemplo, é possível afirmar que Mendel não era, como comumente retratado, um monge isolado e ignorado, tampouco fazia parte de uma comunidade científica dedicada ao problema da herança. Há, nesse sentido, uma tendência a se ignorar o real contexto de seu trabalho, assim como muitas ideias posteriores ao seu trabalho são atribuídas a ele, o que acaba por ofuscar o verdadeiro papel desse cientista na História da Genética.

**Conteúdos abordados na HQ:** A história de Mendel e suas contribuições têm sido apresentada muitas vezes tanto no contexto escolar quanto no contexto acadêmico de forma anacrônica, atribuindo a Mendel termos e conceitos que surgiram posteriormente ao seu trabalho (como o conceito de gene, fenótipo e genótipo, dentre outros) e ignorando o contexto em que ele trabalhou. Até mesmo a ideia de Mendel era um pesquisador engajado na investigação do fenômeno da herança é questionável visto que seu maior interesse eram as investigações sobre a hibridização.

Figura 4: HQ “Mendel mendelista ou biometricista?”.



Fonte: Lucas Freitas Pereira Carneiro

Temas: Mendel, herança mendeliana, mendelistas, biometricistas, História da Ciência.

**Referência:** O Mendel que não era mendelista (Disponível em: <  
[https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_bc540479a6f94a9694efd61f0671099c.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_bc540479a6f94a9694efd61f0671099c.pdf)>.

Acesso em: 20 jun. 2019).

No nosso contexto, fizemos, juntamente com a leitura dessa HQ, a leitura e discussão do artigo “O Mendel que não era mendelista” no Módulo 3/Momento 10. O artigo aborda a grande disputa entre perspectivas científicas acerca da lei da hereditariedade biológica no início do século XX – mendelistas *versus* biometricistas –, encerrada a partir de 1918 pelo matemático inglês Ronald Aylmer Fisher que demonstrou matematicamente que ambas as visões poderiam ser compatibilizadas. Além disso, os autores demonstram que Gregor Mendel já havia identificado elementos para compreender a natureza e a solução dessa problemática, o que pode ser verificado em seu trabalho com *Phaseolus*.

**Conteúdos:** No início do século XX dois grupos com perspectivas distintas de análise do fenômeno da herança se estabeleceram: os chamados “biometricistas”, pesquisadores que seguiram a linha de pesquisa de Galton e que se alinhavam a noção evolutiva de Charles Darwin, onde mudanças eram sempre lentas e graduais entre os indivíduos de uma população; e os chamados “mendelistas”, que defendiam a generalidade das “leis de Mendel” com base nas partículas ou fatores hereditários que determinavam os caracteres biológicos conforme desenvolvidas na “redescoberta” dos trabalhos de Mendel em 1900 por Vries, Tschermak e Correns. A HQ levanta a seguinte indagação: “E Mendel? Onde ele se encaixaria nessa disputa?”. Se por um lado, seu trabalho com *Pisum sativum* parece fornecer os alicerces que sustentam a posição “mendelista”, por outro lado um trabalho muitas vezes desconhecido de Mendel que trata da experimentação com cruzamento de espécies de *Phaseolus* (feijão) resultou em uma gradação quase contínua da coloração das sementes, diferentemente dos resultados com as ervilhas que apresentavam uma prole com poucas características bem definidas, o que se adequava às expectativas de um “biometricista”.

---

## PRODUÇÃO FINAL

---

A produção final teve como objetivo de identificar as concepções dos participantes acerca da SD e dos recursos didáticos utilizados. Essa atividade permite que os estudantes e o professor avaliem suas experiências durante a construção da SD, se configurando como uma fonte importante para a avaliação das aprendizagens dos estudantes e para a auto avaliação do trabalho do professor.

Várias estratégias podem ser utilizadas como, por exemplo:

- (I) A realização de entrevistas com todos estudantes ou com um pequeno grupo de estudantes.
- (II) A realização de uma roda de conversa com os estudantes.
- (III) O professor pode solicitar que os estudantes produzam um texto sobre um determinado tema, palavra ou problema trazido pelo professor.
- (IV) O professor pode aplicar um questionário.

No contexto em que construímos nossa SD, aplicamos um questionário com as seguintes quatro questões agrupadas na categoria “avaliação da sequência didática”:

- a) De forma geral, como você avalia essa disciplina? Escreva suas impressões, sentimentos, opiniões, críticas e/ou sugestões.
- b) Você acha que essa disciplina contribuiu para sua formação? Justifique.
- c) Como você avalia o uso das Histórias em Quadrinhos nessa disciplina? Escreva suas impressões, sentimentos, opiniões, críticas e/ou sugestões:
- d) O que você achou da experiência de produzir Histórias em Quadrinhos? Escreva suas impressões, sentimentos e opiniões.

---

## INDICAÇÃO DE LEITURA

---

Indicamos algumas referências úteis para o aprofundamento dos temas mencionados nessa SD:

BRANDÃO, G. O.; FERREIRA, L. B. M. O ensino de Genética no nível médio: a importância da contextualização histórica dos experimentos de Mendel para o raciocínio sobre os mecanismos da hereditariedade. *Filosofia e História da Biologia*, v. 4, p. 43-63, 2009.

CHALMERS, A. F. O que é Ciência afinal? Tradução: Raul Filker. São Paulo: editora Brasiliense, 1993.

FREIRE-MAIA, N. Mendel – Vida e Obra. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995.

GENÉTICA NA ESCOLA. V. 11, nº 2, sup. 2016. ISSN 1980-3540. Disponível em: <[http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be\\_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf](http://docs.wixstatic.com/ugd/b703be_05eb696e7d6a4317afd5cbe205f0e5d0.pdf)>. Acesso em: 11 jun. 2018.

LORENZANO, P. Filosofia diacrónica de la ciência: el caso de la genética clásica. *Filosofia e História da Biologia*, v. 2, p. 369-392, 2007.

PORTIN, P. The Development of Genetics in the Light of Thomas Kuhn's Theory of Scientific Revolutions. *Recent Advances in DNA and Gene Sequences*, v. 9, p. 14-25, 2015.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ABRANTES, P. Introdução. O que é filosofia da biologia? In: ABRANTES, P. (Org.) *Filosofia da Biologia*. Porto Alegre: ARTMED, 2011. p. 11-36.

ARAÚJO, G. C. de.; COSTA, M. A. da.; COSTA, E. B. da. As histórias em quadrinhos na educação: possibilidades de um recurso didático pedagógico. *A MARGem – Estudos*, Uberlândia, ano 1, n. 2, p. 26-36, jul./dez. 2008.

ARAÚJO, L. F. S. de.; DOLINA, J. V.; PETEAN, E.; MUSQUIM, C. A.; BELLATO, R.; LUCIETTO, G. C. Diário de pesquisa e suas potencialidades na pesquisa qualitativa em saúde. *Rev. Bras. Pesq. Saúde*, Vitória, v. 15, n. 3, p. 53-61, jul./set., 2013.

CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L. História e Filosofia das Ciências no Ensino de Biologia. *Ciência e Educação*, v. 11, n. 1, p. 33-39, 2005.

CARUSO, F.; SILVEIRA, C. Quadrinho para a cidadania. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.16, n.1, p. 217-236, jan./mar. 2009.

D'ÁVILA, C. M. Didática lúdica: saberes pedagógicos e ludicidade no contexto da educação superior. *Revista Entreideias*, Salvador, v. 3, n. 2, p. 87-100, jul./dez. 2014.

DOLZ, J.; NOVERRAZ, M.; SCHNEUWLY, B. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. In: SCHNEUWLY, B.; DOLZ, J. e colaboradores. *Gêneros orais e escritos na escola*. Tradução e organização de Roxane Rojo e Gláís Sales Cordeiro. Campinas: Mercado de Letras, 2004.

FREIRE JR., O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). *Epistemologia e Ensino de Ciências*. Salvador: Arcádia, 2002. p. 13-30.

LUCKESI, C. Ludicidade e formação do educador. Revista Entreideias, Salvador, v. 3, n. 2, p. 13-23, jul./dez. 2014.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. Tradução de Cláudia Mesquita de Andrade. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

PEDREIRA, M. M. Desenvolvimento e avaliação de estratégias de ensino de genética para o ensino superior. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Brasília: Universidade de Brasília, 2014.

PESSOA JR., O. Quando a Abordagem Histórica deve ser usada no Ensino de Ciências? Ciência e Ensino, v. 1, p. 4-6, set. 1996.

PIZARRO, M. V. As histórias em quadrinhos como linguagem e recurso didático no ensino de ciências. In: In: VII ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA, 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC. Florianópolis: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2009.

TESTONI, L. A. Um corpo que cai: As Histórias em Quadrinhos no Ensino de Física. Dissertação (Mestrado em Educação). São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004